

**ALARM KEBAKARAN MULTISENSOR DENGAN
IMPLEMENTASI *FUZZY* DUA LEVEL**

**REVISI SEMINAR HASIL
PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO
SISTEM KONTROL DAN ELEKTRONIK**

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
Memperoleh gelar Magister Teknik



HARI WAHYUDIONO
NIM: 156060300111008

UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2019

ALARM KEBAKARAN MULTISENSOR DENGAN IMPLEMENTASI *FUZZY* DUA LEVEL

REVISI SEMINAR HASIL

PROGRAM MAGISTER TEKNIK ELEKTRO MINAT SISTEM KONTROL DAN ELEKTRONIKA

**Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Magister Teknik**



Menyetujui
KOMISI PEMBIMBING

Ketua,

Anggota,

(Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc)
NIP. 195903041989031001

(Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.)
NIP. 196212111988021001

Mengetahui,
Ketua Program Studi Magister Teknik Elektro

Dr. Eng. Panca Mudjirahardjo, S.T., M.T.
NIP. 197003292000121001

RINGKASAN

Hari Wahyudiono, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Desember 2019, Alarm Kebakaran Multisensor Dengan Implementasi Fuzzy Dua Level, Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc dan Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.

Kebakaran adalah suatu peristiwa bencana yang berasal dari api yang tidak dikehendaki yang dapat menimbulkan kerugian. Salah satu cara mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran adalah dengan menyediakan sarana deteksi dan alarm kebakaran. Pendeteksi kebakaran konvensional tidak bisa membedakan antara sumber kebakaran atau bukan, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kesalahan pembacaan sumber api, contohnya asap memasak, debu, asap rokok, dll. solusi yang diajukan dalam penelitian ini adalah sistem pendeteksi kebakaran dini menggunakan dua level algoritma *fuzzy*. Pada sistem pendeteksi kebakaran yang diusulkan akan menggunakan multisensor. Sensor mendeteksi fenomena penyebab kebakaran seperti kondisi udara, kenaikan suhu, dan cahaya api.

Pada penelitian ini dibuat sistem alarm yang terdiri dari Arduino Mega2560, sensor Asap SHARP GP2Y1014AU0F, Sensor Gas MQ-6, Sensor Karbon Monoksida MQ-7, Sensor Suhu LM35, Sensor Cahaya Api. Kemudian dirancang logika fuzzy 2 level, tahap pertama yang dilakukan adalah perencanaan *fuzzy* level satu. Pada *fuzzy* level satu variabel yang digunakan sebagai variabel masukan logika *fuzzy* adalah kadar asap, kadar gas *flamemable*, kadar Karbon Monoksida untuk menentukan kondisi udara. Pada tahap selanjutnya keluaran *fuzzy* pada level satu, yaitu kondisi udara akan menjadi masukan pada *fuzzy* level dua diolah bersama dengan dua variabel masukan yang lain untuk menentukan keluaran alarm kebakaran. Pengujian dilakukan dengan mengamati hasil pembacaan lima sensor yang telah diolah oleh algoritma *fuzzy* melalui komputer yang terhubung ke mikrokontroler dengan komunikasi serial. Sistem diujikan pada ruangan khusus dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m. Pengamatan dilakukan ketika sistem diberikan masukan berbeda-beda. Pengujian kinerja *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan *fuzzy* 2 level yang telah dikembangkan dengan *fuzzy* 1 level saja.

Penelitian ini mendapatkan hasil, bahwa *fuzzy* dua level dapat mengurangi kompleksitas algoritma *fuzzy* dibandingkan dengan *fuzzy* 1 level hal ini dapat dilihat dari banyaknya *rule base* dari masing-masing *fuzzy*. *Fuzzy* 1 level membutuhkan 234 *rule base* sedangkan *fuzzy* 2 level hanya 54 *rule base*. Algoritma *fuzzy* dua level pada alarm kebakaran dengan multisensor mempunyai algoritma *fuzzy* yang sederhana namun tetap mampu mengurangi kesalahan pembacaan alarm kebakaran palsu. Keberhasilan pembacaan mencapai 80% hasil ini merupakan hasil paling baik dibanding dengan sistem alarm *fuzzy* 1 level yang hanya mencapai 70% dan alarm konvensional hanya mencapai 40%.

Kata Kunci : Alarm kebakaran, *Fuzzy tsukamoto* dua level, multisensor

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

SUMMARY

Hari Wahyudiono, *Department of Electronics Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, December 2019, Multisensor Fire Alarm Using Two-level Fuzzy, Academic Supervisor : Dr. Ir. Ponco Siwindarto, M.Eng.Sc dan Dr. Ir. Bambang Siswojo, MT.*

Fire incident is an event originating from an undesired fire which can cause loss. One way to prevent, reduce and extinguish fires is to supply a means of fire detection and alarm. Conventional fire detectors cannot distinguish between fire sources or not. This failure may cause an error in reading the source of the fire, for example: cooking smoke, dust, cigarette smoke, etc. The solution proposed in this study is an early fire detection system using two levels of fuzzy algorithms. The proposed fire detection system uses multisensory inputs. The sensor detects fire-causing phenomena such as air conditions, temperature rises, and flame.

The development of the alarm system in this study uses devices consisting of : Arduino Mega2560, SHARP GP2Y1014AU0F Smoke Sensor, MQ-6 Gas Sensor, MQ-7 Carbon Monoxide Sensor, LM35 Temperature Sensor, Flame Sensor. In addition to the hardware mentioned earlier, software design uses 2-level fuzzy logic. The first stage of design is fuzzy level one planning. At fuzzy level one, the input variables of fuzzy logic are smoke content, flammable gas content, carbon monoxide content to determine air conditions. In the next stage, the output at fuzzy level one in the form of air condition data becomes input at fuzzy level two together with two other input variables which will determine the fire alarm output. System testing is an observation of the results of the reading of five sensors processed by the fuzzy algorithm through a computer connected to the microcontroller via serial communication. The system test location is a special room with a size of 3 meters x 3 meters X 2.5 meters. The observation stage is when the system gets different input. Fuzzy performance testing phase occurs when comparing fuzzy outputs of 2 levels with the results of system development with fuzzy 1 level.

The results showed that two-level fuzzy can reduce the complexity of fuzzy algorithms, compared to fuzzy 1 level. The proof of efficiency is the number of rule bases of each fuzzy algorithm. Fuzzy 1 level requires 234 rule bases, while Fuzzy 2 levels only 54 rule bases. Two-level fuzzy algorithm in a fire alarm system with a multisensor has a simple fuzzy algorithm, but still able to reduce false readings of false fire alarms. The success of the reading reaches 80 percent, this result is the best result compared to the 1 level fuzzy alarm system which only reaches 70 percent, while conventional alarms only reach 40 percent.

Keywords: fire alarm, Tsukamoto two-level fuzzy, multisensor

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

DAFTAR ISI

	Halaman
RINGKASAN.....	i
SUMMARY	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian.....	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Teori Dasar Kebakaran.....	5
2.1.1 Definisi Api	5
2.1.2 Teori Segitiga Api (Fire Triangle)	5
2.1.3 Teori Bidang Empat Api (<i>Tetrahedron of Fire</i>).....	6
2.1.4 Definisi Kebakaran.....	6
2.1.5 Sebab-Sebab Terjadinya Kebakaran	7
2.1.6 Klasifikasi Kebakaran	7
2.2 Pengertian Sensor	11
2.3 <i>Smoke Detector</i> (Detektor Asap)	11
2.3.1 <i>Ionization Smoke Detector</i> (Detektor Asap Ionisasi)	11
2.3.2 <i>Projected Beam Smoke Detector</i> (Detektor Asap Terproyeksi Beam) ..	12
2.3.3 <i>Video Smoke Detector</i> (Detektor Asap Video)	12
2.3.4 <i>Photoelectric Smoke Detector</i> (Detektor Asap Fotolistrik)	12
2.4 <i>Temperature Sensor</i> (Sensor Suhu)	13
2.4.1 Sensor Bimetal	14
2.4.2 Sensor Termistor	14
2.4.3 Sensor RTD	14

2.4.4	Sensor Termokopel	15
2.4.5	<i>Integrated Circuit Temperature Sensor</i>	16
2.5	<i>Flame Sensor</i> (sensor api)	16
2.5.1	<i>Ultra Violet (UV) Detector</i>	17
2.5.2	<i>CCTV Video Flame Detector</i>	17
2.5.3	<i>Visual Flame Imaging Detektor Teknologi Flame Detektor</i>	17
2.5.4	<i>Infrared (IR) Detector</i>	18
2.6	Sensor Gas	18
2.6.1	Sensor Gas Kalorimetri	19
2.6.2	<i>Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors</i>	19
2.6.3	Catalytic Gate Field Effect.....	20
2.6.4	Sensor Gas Semikonduktor	20
2.7	<i>Fuzzy Logic Control</i>	23
2.7.1	Komponen dasar logika <i>fuzzy</i>	24
2.7.2	Implikasi	25
2.8	Mikrokontroler Arduino	25
2.8.1	Perangkat keras Arduino	26
2.8.2	Perangkat Lunak Arduino	27
BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN		29
3.1	Kerangka Konsep Berpikir	29
3.2	Analisis Masalah	30
3.3	Konsep Solusi	31
3.4	Hipotesis	32
BAB IV METODE PENELITIAN.....		33
4.1	Alat Dan Bahan Penelitian	33
4.1.1	Perangkat keras	33
4.1.2	Perangkat lunak.....	33
4.2	Tahapan Penelitian	33
4.2.1	Identifikasi Masalah.....	34
4.2.2	Pengambilan Data	35
4.2.3	Perancangan Sistem	35
4.2.4	Implementasi Sistem	40
4.2.5	Pengujian Sistem.....	40

4.2.6	Analisis dan Penarikan Kesimpulan.....	40
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN.....		41
5.1	Hasil Perancangan Sistem	41
5.1.1	<i>Hardware</i>	41
5.1.2	<i>Software (fuzzy)</i>	42
5.2	Pengambilan Data dan Pengujian <i>Hardware</i>	50
5.2.1	Pengujian Sensor suhu Lm35	50
5.2.2	Pengujian Sensor Asap	51
5.2.3	Pengujian Sensor Gas Monoksida.....	51
5.2.4	Pengujian Sensor Gas <i>Flamable</i>	51
5.2.5	Pengujian Sensor Cahaya Api	52
5.2.6	Kesimpulan Pengambilan Data	52
5.3	Implementasi dan Pengujian Sistem.....	53
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		57
6.1	Kesimpulan.....	57
6.2	Saran	57
DAFTAR PUSTAKA		59
LAMPIRAN		61

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

DAFTAR TABEL

No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	<i>Klasifikasi Kebakaran Menurut Kepmen No.KEP/186/MEN/1999</i>	10
Tabel 4.1	<i>Fuzzy Rule Base Level Satu</i>	38
Tabel 4.2	<i>Fuzzy Rule Base Level Dua</i>	39
Tabel 5.1	<i>Hasil Pengujian Sensor Suhu</i>	50
Tabel 5.2	<i>Hasil Pengujian Sensor Asap</i>	51
Tabel 5.3	<i>Hasil Pengujian Sensor Gas Karbon Monoksida</i>	51
Tabel 5.4	<i>Hasil Pengujian Sensor Gas Flamable</i>	52
Tabel 5.5	<i>Hasil Pengujian Sensor Cahaya Api</i>	52
Tabel 5.6	<i>Hasil Pengujian Kinerja Sistem</i>	54
Tabel 5.7	<i>Hasil Pengujian Kinerja Sistem</i>	55
Tabel 5.8	<i>Hasil Pengujian Kinerja Sistem</i>	55

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
<i>Gambar 2.1</i>	Segitiga api.....	5
<i>Gambar 2.2</i>	Bidang empat api.....	6
<i>Gambar 2.3</i>	Skematik sensor debu.....	13
<i>Gambar 2.4</i>	Karakteristik <i>output</i> sensor.....	13
<i>Gambar 2.5</i>	Respon bimetal terhadap tegangan.....	14
<i>Gambar 2.6</i>	Arsitektur sensor termokopel	15
<i>Gambar 2.7</i>	Bentuk fisik LM35DZ.....	16
<i>Gambar 2.8</i>	Arsitektur metal oxide semiconductor gas sensors	19
<i>Gambar 2.9</i>	Komponen penyusun sensor gas semikonduktor	20
<i>Gambar 2.10</i>	Model penghalang antar butir pada keadaan tanpa gas dideteksi	21
<i>Gambar 2.11</i>	Rangkaian dasar sensor gas.....	21
<i>Gambar 2.12</i>	Sensor MQ-6 konfigurasi A dan B.....	22
<i>Gambar 3.1</i>	Kerangka konsep penelitian	29
<i>Gambar 3.2</i>	Kerangka solusi	31
<i>Gambar 4.1</i>	Tahapan Penelitian	34
<i>Gambar 4.2</i>	Diagram blok sistem.....	36
<i>Gambar 4.3</i>	Perancangan penempatan <i>hardware</i>	36
<i>Gambar 4.4</i>	Diagram blok <i>fuzzy</i>	37
<i>Gambar 4.5</i>	Perancangan membership function <i>fuzzy</i> level satu	37
<i>Gambar 4.6</i>	Perancangan membership function <i>fuzzy</i> level dua.....	39
<i>Gambar 5.1</i>	Skema keseluruhan realisasi sistem	41
<i>Gambar 5.2</i>	(a) Hasil perancangan alat tampak atas (b) Hasil perancangan tampak samping	42
<i>Gambar 5.3</i>	Program <i>rule base</i> pada Arduino	49
<i>Gambar 5.4</i>	Implementasi sistem.....	53
<i>Gambar 5.5</i>	Pengujian sistem.....	54

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Sketch Program Arduino	61
Lampiran 2.	Rule Fuzzy 1 level	73
Lampiran 3.	Data Sheet MQ-6	79
Lampiran 4.	Data sheet Sensor Mq-7	81
Lampiran 5.	Data Sheet Dust Sensor SHARP GP2Y1010AU0F	85
Lampiran 6.	Data Sheet Arduino Mega	95
Lampiran 7.	<i>Data Sheet Flame Sensor</i>	103
Lampiran 8.	<i>Data Sheet Sensor Suhu</i>	107
Lampiran 9.	Skematik Rangkaian Keseluruhan	111

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional, kebakaran adalah suatu peristiwa bencana yang berasal dari api yang tidak dikehendaki yang dapat menimbulkan kerugian. Kerugian akibat kebakaran diantaranya adalah kerugian materi berupa harta benda, bangunan fisik, fasilitas sarana dan prasarana. Sedangkan kerugian yang non-materi seperti rasa takut, trauma hingga kehilangan nyawa atau cacat tubuh yang ditimbulkan akibat kebakaran (DK3N, 2000).

Menurut data statistik *international assosiation of fire and rescue services* selama tahun 2015 telah terjadi 991.548 kasus kebakaran di dunia dan sebanyak 763.153 diantaranya adalah kebakaran gedung. Salah satu cara mencegah, mengurangi dan memadamkan kebakaran adalah dengan menyediakan sarana deteksi dan alarm kebakaran (Kepmennaker no.186 tahun1999).

Sistem pendeteksi kebakaran saat ini terdiri dari beberapa detektor yang terpasang secara paralel, daerah daerah yang terpasang oleh detektor yang diparalel tersebut disebut zona. Apabila salah satu detektor pada zona tersebut mendeteksi salah satu tanda-tanda kebakaran, maka sistem akan langsung mengirimkan tanda berupa lampu dan memberikan peringatan dengan membunyikan alarm. Pendeteksi kebakaran konvensional tidak bisa membedakan antara sumber kebakaran atau bukan, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kesalahan pembacaan sumber api, contohnya asap memasak, debu, asap rokok, dll (County Durham, 2008).

Kesalahan dalam pembacaan pendeteksi kebakaran pada bangunan mengakibatkan banyak kerugian diantaranya adalah ketidaknyamanan bagi penghuni, kepanikan dan jika terjadi pada gedung yang dikomersilkan akan berdampak pada ketidakprofesionalan bagi pengelola gedung tersebut. Salah satu contoh kesalahan deteksi terjadi pada hotel di Rusia saat menggelar pertandingan piala dunia, dimana alarm kebakaran di hotel tempat menginap tim nasional Swedia menyala sehingga tim nasional Swedia diminta meninggalkan hotel. Kesalahan deteksi ini diakibatkan adanya penghuni hotel yang merokok sehingga memicu alarm kebakaran (Indosport.com edisi 9 juli 2018).

Bahkan *Durham & Darlington Fire Rescue Service* menyatakan kerugian dari alarm palsu mencapai 1 milyar dalam satu tahun disebabkan karena kehilangan produktivitas dan gangguan bisnis. Beberapa penelitian terdahulu mengenai deteksi kebakaran diantaranya adalah deteksi kebakaran hutan dengan pendekatan sistem *fuzzy* berdasarkan indeks.

Pada penelitian ini Santiago garcia jimenez, menggunakan metode *fuzzy* mamdani dengan menggunakan fungsi *overlapping* dan *indeks overlapping* untuk mengatasi hasil pembacaan yang overlap pada deteksi kebakaran hutan menggunakan jaringan sensor nirkabel. Pada penelitian ini tidak mempertimbangkan kesalahan pembacaan sumber api, karena penelitian untuk kawasan hutan, sehingga semua sumber api yang terdeteksi dinyatakan kebakaran.

Pada penelitian yang lain dengan judul *design of gas fire-extinguishing control panel based on multisensor information fusion* yang dilakukan oleh Zhang, defeng. menggunakan metode teori *fuzzy* dengan multi sensor yaitu sensor panas, sensor asap, sensor karbon monoksida yang dikombinasikan dengan algoritma cerdas saraf tiruan untuk membuat keputusan deteksi kebakaran dan mengurangi tingkat kesalahan alarm. Dalam penelitian ini dijelaskan agar memperoleh hasil yang lebih rendah dalam kesalahan pembacaan perlu ditambahkan sensor untuk meningkatkan ketelitian dalam pembacaan.

Penelitian selanjutnya dengan judul *application of fuzzy data fusion in multi-sensor fire monitoring* yang dilakukan oleh Hu xiangdong. Pada penelitian ini Metode pemantauan dan perkiraan kebakaran yang diusulkan dengan menggunakan teori *fuzzy* data multisensor, berdasarkan jaringan sensor nirkabel. algoritma dan data deteksi kebakaran bersifat modular dan hierarkis. Pendekatannya tidak hanya memastikan kebenaran sistem, tetapi juga meningkatkan kecerdasan sistem pemantauan. Hasil simulasi menunjukkan bahwa metode yang diusulkan memiliki kinerja yang lebih baik daripada metode diagnosis tradisional dengan sensor tunggal. Kekurangan pada penelitian ini adalah masih dalam tahap simulasi, sehingga sistem belum diimplementasikan secara nyata.

Berdasarkan penelaahan terhadap penelitian di atas, secara umum pendeteksi dini kebakaran dengan multisensor berkinerja lebih baik daripada alarm konvensional. hal ini terjadi karena Terjadinya api adalah fenomena yang komprehensif antara asap, cahaya, kenaikan suhu, radialisasi dan perubahan konsentrasi gas (Defeng zhang, 2011) dapat dideteksi dengan baik. Pembacaan sensor-sensor yang akurat dalam mendeteksi penyebab kebakaran akan lebih handal jika didukung dengan algoritma *fuzzy* dalam penentuan keputusan. penggunaan multisensor dapat meningkatkan keefektifan sistem akan tetapi berdampak juga kepada kompleksitas logika *fuzzy*, sehingga diperlukan suatu metode untuk

mengatasi masalah tersebut. Untuk mengurangi kompleksitas logika *fuzzy* akan dikembangkan logika *fuzzy* dengan 2 level penentuan keputusan. Dengan adanya sistem pendeteksi dini kebakaran yang menggunakan multisensor berbasis metode *fuzzy* 2 level diharapkan mengurangi kesalahan pembacaan pada alarm peringatan kebakaran dengan sistem *fuzzy* yang sederhana.

Mengacu pada latar belakang yang telah dipaparkan, solusi yang diajukan dalam penelitian ini adalah sistem pendeteksi kebakaran dini menggunakan dua level algoritma *fuzzy*. Pada sistem pendeteksi kebakaran yang diusulkan akan menggunakan multisensor. Sensor mendeteksi fenomena penyebab kebakaran seperti kondisi udara, kenaikan suhu, dan cahaya api. Pada tahap pertama sistem akan mendeteksi kondisi udara dengan menggunakan beberapa sensor, diantaranya adalah sensor debu/asap, sensor gas *flammable*, sensor CO. kondisi udara ditentukan menggunakan *fuzzy* level pertama dengan mengacu hasil pembacaan tiga sensor tersebut kemudian menjadi satu masukan pada tahap selanjutnya. Pada level kedua penentuan alarm kebakaran mengacu pada keluaran dari *fuzzy* level pertama dan ditambahkan fenomena yang lain yaitu sensor suhu dan cahaya api. Ketiga hasil pembacaan dari kondisi udara, kenaikan suhu dan cahaya api menjadi acuan untuk algoritma *fuzzy* level kedua sebagai penentu alarm kebakaran. Dengan demikian masalah kesalahan pembacaan sistem pendeteksi kebakaran diharapkan terselesaikan.

1.2 Rumusan Masalah Penelitian

Berdasarkan uraian latar belakang masalah tersebut, maka dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

- 1) Sensor apa saja yang mampu mendeteksi fenomena kebakaran pada sistem alarm kebakaran untuk mengurangi tingkat kesalahan pembacaan dan alarm palsu kebakaran?
- 2) Bagaimana mengurangi kompleksitas algoritma *fuzzy* pada sistem alarm kebakaran ?
- 3) Bagaimana kinerja algoritma *fuzzy* dua level pada pendeteksi kebakaran dini dengan multisensor ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan penyusunan proposal tesis ini adalah untuk mengembangkan sistem alarm kebakaran multisensor dengan implementasi *fuzzy* dua level sehingga mampu mengurangi alarm kebakaran palsu.

1.4 Manfaat Penelitian

Merujuk pada tujuan penelitian yang ada, diharapkan penelitian ini dapat memberi kontribusi pada:

- 1) Manfaat teoritis, penelitian ini dapat dijadikan referensi dalam pembelajaran dan penelitian lebih lanjut dalam pembahasan desain *fuzzy* dan sistem alarm kebakaran.
- 2) Manfaat praktis, penelitian ini dapat dijadikan sebagai model yang dapat diimplementasikan dalam sistem alarm kebakaran yang dimanfaatkan secara komersil maupun non-komersil.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Teori Dasar Kebakaran

2.1.1 Definisi Api

Api didefinisikan sebagai suatu peristiwa/reaksi kimia yang diikuti oleh pengeluaran asap, panas, nyala dan gas- gas lainnya. Api juga dapat diartikan sebagai hasil dari reaksi pembakaran yang cepat (Pusdiklatkar, 2006). Untuk bisa terjadi api diperlukan 3 (tiga) unsur yaitu bahan bakar, udara dan sumber panas. Bilamana ketiga unsur tersebut berada dalam suatu konsentrasi yang memenuhi syarat, maka timbullah reaksi oksidasi atau dikenal sebagai proses pembakaran (Siswoyo, 2007; IFSTA, 1993).

2.1.2 Teori Segitiga Api (Fire Triangle)

Secara sederhana susunan kimiawi dalam proses kebakaran dapat digambarkan dengan istilah “Segitiga Api”. Teori segitiga api ini menjelaskan bahwa untuk dapat berlangsungnya proses nyala api diperlukan adanya 3 unsur pokok, yaitu: *fuel* yaitu bahan yang dapat terbakar, oksigen (O₂) yang cukup dari udara atau dari bahan oksidator, dan *heat* atau panas yang cukup (Depnakertrans, 2008).

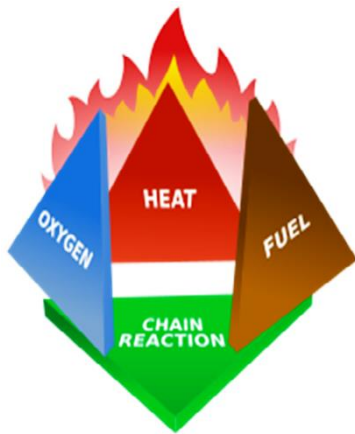


Gambar 2.1 Segitiga api
Sumber: Depnakertrans, 2008

Berdasarkan teori segitiga api tersebut, maka apabila ketiga unsur di atas bertemu akan terjadi api. Namun, apabila salah satu unsur tersebut tidak ada atau tidak berada pada keseimbangan yang cukup, maka api tidak akan terjadi. Prinsip segitiga api ini dipakai sebagai dasar untuk mencegah kebakaran dan penanggulangan api yakni memadamkan api yang tak dapat dicegah (Suma'mur, 1989).

2.1.3 Teori Bidang Empat Api (*Tetrahedron of Fire*)

Teori segitiga api mengalami perkembangan yaitu dengan ditemukannya unsur keempat untuk terjadinya api yaitu rantai reaksi kimia. Konsep ini dikenal dengan teori *tetrahedron of fire*. Teori ini ditemukan berdasarkan penelitian dan pengembangan bahan pemadam tepung kimia dan *halogenated hydrocarbon*. Ternyata jenis bahan pemadam ini mempunyai kemampuan memutus rantai reaksi kontinuitas proses api.



Gambar 2.2 Bidang empat api
sumber: Depnakertrans, 2008

Teori *tetrahedron of fire* ini didasarkan bahwa dalam panas pembakaran yang normal akan timbul nyala, reaksi kimia yang terjadi menghasilkan beberapa zat hasil pembakaran seperti CO, CO₂, SO₂, asap dan gas. Hasil lain dari reaksi ini adalah adanya radikal bebas dari atom oksigen dan hidrogen dalam bentuk hidroksil. Bila 2 gugus OH pecah menjadi H₂O dan radikal bebas O. O radikal ini selanjutnya akan berfungsi lagi sebagai umpan pada proses pembakaran sehingga disebut reaksi pembakaran berantai. (Goetsch, 2005).

2.1.4 Definisi Kebakaran

Kebakaran adalah suatu peristiwa oksidasi dengan ketiga unsur yaitu bahan bakar, oksigen dan panas yang berakibat menimbulkan kerugian harta benda atau cedera bahkan sampai kematian (NFPA, 2000). Menurut Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional, kebakaran adalah suatu peristiwa bencana yang berasal dari api yang tidak dikehendaki yang dapat menimbulkan kerugian, baik kerugian materi berupa harta benda, bangunan fisik, deposit/ asuransi, fasilitas sarana dan prasarana, dan lain-lain maupun kerugian non materi seperti rasa takut, shock, ketakutan, hingga kehilangan nyawa atau cacat tubuh yang ditimbulkan akibat kebakaran tersebut. Sifat kebakaran terjadi secara tidak

diduga, tidak akan padam apabila tidak dipadamkan, dan kebakaran akan padam dengan sendirinya apabila konsentrasi keseimbangan hubungan 3 unsur dalam segitiga api tidak terpenuhi lagi.

2.1.5 Sebab-Sebab Terjadinya Kebakaran

Menurut Triyono, Agus (2001), kebakaran terjadi karena manusia, peristiwa alam, penyalaaan sendiri dan unsur kesengajaan.

- a) Kebakaran karena manusia yang bersifat kelalaian, seperti:
 - i. Kurangnya pengertian, pengetahuan tentang penanggulangan bahaya kebakaran.
 - ii. Kurang hati-hati dalam menggunakan alat atau bahan yang dapat menimbulkan api.
 - iii. Kurangnya kesadaran pribadi atau tidak disiplin.
- b) Kebakaran karena peristiwa alam terutama menyangkut cuaca dan gunung berapi, seperti sinar matahari, letusan gunung berapi, gempa bumi, petir, angin dan topan.
- c) Kebakaran karena penyalaaan sendiri, sering terjadi pada gudang- gudang bahan kimia dimana bahan-bahan tersebut bereaksi dengan udara, air dan juga dengan bahan-bahan lainnya yang mudah meledak atau terbakar.
- d) Kebakaran karena unsur kesengajaan, untuk tujuan-tujuan tertentu, misalnya:
 - i. Sabotase untuk menimbulkan huru-hara, kebanyakan dengan alasan politis.
 - ii. Mencari keuntungan pribadi karena ingin mendapatkan ganti rugi melalui asuransi kebakaran.
 - iii. Untuk menghilangkan jejak kejahatan dengan cara membakar dokumen atau bukti-bukti yang dapat memberatkannya.
 - iv. Untuk jalan taktis dalam pertempuran dengan jalan bumi hangus.

2.1.6 Klasifikasi Kebakaran

Klasifikasi kebakaran adalah penggolongan atau pembagian kebakaran atas dasar jenis bahan bakarnya. Pengklasifikasian kebakaran ini bertujuan untuk memudahkan usaha pencegahan dan pemadaman kebakaran (Ramli, 2005).

2.1.6.1 Klasifikasi Kebakaran Menurut NFPA

NFPA (*National Fire Protection Association*) adalah suatu lembaga swasta yang khusus menangani di bidang penanggulangan bahaya kebakaran di Amerika Serikat. Menurut NFPA, kebakaran dapat diklasifikasikan menjadi 4 kelas, yaitu:

- 1) Kelas A, yaitu kebakaran bahan padat kecuali logam

Kelas ini mempunyai ciri jenis kebakaran yang meninggalkan arang dan abu. Unsur bahan yang terbakar biasanya mengandung karbon. Misalnya: kertas, kayu, tekstil, plastik, karet, busa, dan lain-lain yang sejenis dengan itu.

Aplikasi media pemadam yang cocok adalah bahan jenis basah yaitu air. Karena prinsip kerja air dalam memadamkan api adalah menyerap kalor/panas dan menembus sampai bagian yang dalam.

2) Kelas B, yaitu kebakaran bahan cair dan gas yang mudah terbakar.

Kelas ini terdiri dari unsur bahan yang mengandung hidrokarbon dari produk minyak bumi dan turunan kimianya. Misalnya: bensin, aspal, gemuk, minyak, alkohol, gas LPG, dan lain-lain yang sejenis dengan itu.

Aplikasi media pemadam yang cocok untuk bahan cair adalah jenis busa. Prinsip kerja busa dalam memadamkan api adalah menutup permukaan cairan yang mengapung pada permukaan. Aplikasi media pemadam yang cocok untuk bahan gas adalah jenis bahan pemadam yang bekerja atas dasar substitusi oksigen dan atau memutuskan reaksi berantai yaitu jenis tepung kimia kering atau CO₂.

3) Kelas C, yaitu kebakaran listrik yang bertegangan.

Misalnya: peralatan rumah tangga, trafo, komputer, televisi, radio, panel listrik, transmisi listrik, dan lain-lain. Aplikasi media pemadam yang cocok untuk kelas C adalah jenis bahan kering yaitu tepung kimia atau CO₂.

4) Kelas D, yaitu kebakaran bahan logam

Pada prinsipnya semua bahan dapat terbakar tak terkecuali benda dari jenis logam, hanya saja tergantung pada nilai titik nyalanya. Misalnya: potassium, sodium, aluminum, magnesium, calcium, zinc, dan lain-lain.

Bahan pemadam untuk kebakaran logam tidak dapat menggunakan air dan bahan pemadam seperti pada umumnya. Karena hal tersebut justru dapat menimbulkan bahaya. Maka harus dirancang secara khusus media pemadam yang prinsip kerjanya adalah menutup permukaan bahan yang terbakar dengan cara menimbun. Diperlukan pemadam kebakaran khusus misal, Metal-X, foam untuk memadamkan kebakaran jenis ini.

2.1.6.2 Klasifikasi Kebakaran Menurut Perda DKI No. 3 Tahun 1992

Menurut Peraturan Daerah Daerah Khusus Ibukota (DKI) Jakarta No. 3 Tahun 1992 tentang Penanggulangan Bahaya Kebakaran Dalam Wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta, bahaya kebakaran dapat diklasifikasikan menjadi:

- 1) Bahaya kebakaran ringan, adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai nilai dan kemudahan terbakar rendah dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas rendah sehingga penjaralan api lambat.
- 2) Bahaya kebakaran sedang 1, adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang; penimbunan bahan yang mudah terbakar dengan tinggi tidak lebih dari 2,5 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang sehingga penjaralan api sedang.
- 3) Bahaya kebakaran sedang 2, adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang; penimbunan bahan yang mudah terbakar dengan tinggi tidak lebih dari 4 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang sehingga penjaralan api sedang.
- 4) Bahaya kebakaran sedang 3, adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai anal dan kemudahan terbakar agak tinggi dan apabila terjadi kebakaran menimbulkan panas agak tinggi, sehingga penjaralan api agak cepat.
- 5) Bahaya kebakaran berat/ tinggi, adalah ancaman bahaya kebakaran yang mempunyai nilai dan kemudahan terbakar tinggi dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas tinggi.

2.1.6.3 Klasifikasi Kebakaran Menurut Kepmen No.KEP.186/MEN/1999

Menurut Keputusan Menteri Tenaga Kerja Republik Indonesia No.KEP.186/MEN/1999 tentang Unit Penanggulangan Kebakaran Di Tempat Kerja, kebakaran dapat diklasifikasi seperti Tabel 2.1 dibawah ini.

Tabel 2.1 *Klasifikasi Kebakaran Menurut Kepmen No.KEP/186/MEN/1999*

Klasifikasi	Jenis Tempat Kerja
<p>Bahaya Kebakaran Ringan</p> <p>Tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar rendah, dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas rendah sehingga menjalarnya api lambat.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tempat ibadah 2) Gedung/ruang perkantoran 3) Gedung/ruang pendidikan 4) Gedung/ruang perumahan 5) Gedung/ruang perawatan 6) Gedung/ruang restoran 7) Gedung/ruang perpustakaan 8) Gedung/ruang perhotelan 9) Gedung/ruang lembaga 10) Gedung/ruang rumah sakit 11) Gedung/ruang museum 12) Gedung/ruang penjara
<p>Bahaya kebakaran Sedang I</p> <p>Tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, menimbun bahan dengan tinggi tidak lebih dari 2,5 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Tempat parkir 2) Pabrik elektronika 3) Pabrik roti 4) Pabrik barang gelas 5) Pabrik minuman 6) Pabrik permata 7) Pabrik pengalengan 8) Binatu 9) Pabrik susu
<p>Bahaya kebakaran Sedang II</p> <p>Tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar sedang, menimbun bahan dengan tinggi tidak lebih dari 4 meter dan apabila terjadi kebakaran melepaskan panas sedang sehingga menjalarnya api sedang.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Penggilingan padi 2) Pabrik bahan makanan 3) Percetakan dan penerbitan 4) Bengkel mesin 5) Perakitan kayu 6) Gudang perpustakaan 7) Pabrik barang keramik 8) Pabrik tembakau 9) Pengolahan logam 10) Penyulingan 11) Pabrik barang kelontong 12) Pabrik barang kulit 13) Pabrik tekstil 14) Perakitan kendaraan bermotor 15) Pabrik kimia (kimia dengan kemudahan terbakar sedang) 16) Pertokoan dengan pramuniaga kurang dari 50 orang.
<p>Bahaya Kebakaran Berat</p> <p>Tempat kerja yang mempunyai jumlah dan kemudahan terbakar tinggi, menyimpan bahan cair.</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1) Pabrik kimia dengan kemudahan 2) terbakar tinggi 3) Pabrik kembang api 4) Pabrik korek api 5) Pabrik cat 6) Pabrik bahan peledak 7) Penggergajian kayu dan penyelesaiannya

Sumber: Kepmen No.KEP/186/MEN/1999

2.2 Pengertian Sensor

Fenomena fenomena yang merepresentasikan sumber api penyebab kebakaran dapat dideteksi menggunakan sensor yang sesuai. Secara umum sensor didefinisikan sebagai jenis transduser yang digunakan untuk mengubah besaran mekanis, magnetis, panas, sinar, dan kimia menjadi tegangan dan arus listrik (Suharjono: 2016). Ada beberapa jenis sensor yang dapat digunakan untuk mendeteksi fenomena kebakaran, diantaranya adalah sebagai berikut:

2.3 *Smoke Detector* (Detektor Asap)

Smoke Detector atau dalam bahasa Indonesia sering disebut dengan Detektor asap adalah alat sejenis sensor yang dapat mendeteksi adanya segumpalan asap. Detektor Asap ini sangat berguna untuk rumah tangga, kantor, sekolah dan industri untuk mendeteksi secara dini adanya segumpalan asap yang berasal dari kerusakan-kerusakan mesin ataupun api sehingga dapat menghindari terjadinya bencana kebakaran yang lebih besar.

Detektor Asap mempunyai beberapa jenis sesuai dengan teknik pembacaan kuantitas asap, sehingga dari beberapa teknik yang berbeda tersebut mempunyai kelebihan dan kekurangan masing-masing. beberapa yang lazim dijumpai diantaranya adalah:

2.3.1 *Ionization Smoke Detector* (Detektor Asap Ionisasi)

Ionization Smoke Detector mempunyai ruang ionisasi dalam detektor asap pada dasarnya hanya dua pelat logam pada tegangan yang berbeda. Molekul-molekul udara sekitar mengalir di antara lempeng-lempeng, tempat mereka terionisasi oleh sumber radiasi. Ion negatif dan positif kemudian tertarik ke lempeng positif dan negatif, menghasilkan arus konstan yang dapat diukur.

Jika udara mengandung asap, tarikan elektrostatik menyebabkan partikel asap menempel pada ion di ruang ionisasi. Ion-ion tidak kehilangan muatan listriknya ketika hal ini terjadi, tetapi karena partikel asapnya cukup besar dibandingkan dengan molekul udara terionisasi, massa rata-rata partikel bermuatan dalam ruang ionisasi meningkat. Partikel-partikel ini masih dalam kesetimbangan termal dengan udara di sekitarnya, sehingga mereka harus memiliki energi panas rata-rata yang sama. Ketika asap memasuki ruangan, itu mengganggu aliran ion, sehingga mengurangi aliran arus dan mengaktifkan alarm.

Dengan cara ini, detektor asap tipe ionisasi dapat mendeteksi partikel yang terlalu kecil untuk dilihat. Ini adalah salah satu kelebihan mereka dibandingkan detektor tipe fotolistrik, tetapi juga menghasilkan lebih banyak alarm palsu. pemansan dirunag ionisasi

membutuhkan resistor pemanas sehingga daya yang dibutuhkan sensor menjadi besar, selain itu sensor mempunyai kadar luarsa karena lempengan plat yang diionisasi semakin lama akan semakin habis.

2.3.2 *Projected Beam Smoke Detector* (Detektor Asap Terproyeksi Beam)

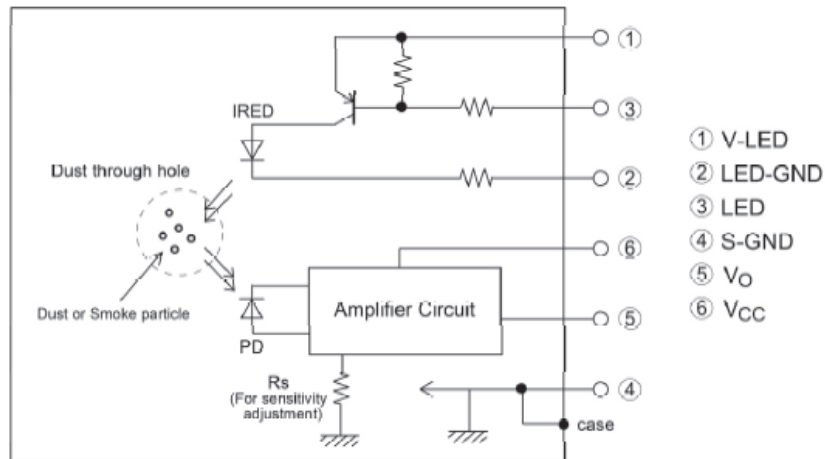
Projected Beam Smoke Detector bekerja berdasarkan prinsip pengaburan cahaya yang terdiri dari sebuah lensa dan pemancar, penerima cahaya/ receiver dan reflektor cahaya/ Light Reflector. Pada kondisi normal, Pemancar cahaya memancarkan sinar cahaya tidak terlihat dan diterima oleh penerima. Penerima dikalibrasi pada tingkat kepekaan tertentu berdasarkan persentase dari seluruh kondisi pengaburan. Ketika ada asap yang mengaburkan sinar tersebut, sinyal alarm akan diaktifkan.

2.3.3 *Video Smoke Detector* (Detektor Asap Video)

Video Smoke Detector (VSD) adalah jenis detektor asap yang beroperasi berdasarkan pada analisis komputer dari gambar video yang disediakan oleh kamera video standar (CCTV). Komponen-komponen utama Sistem Pendeteksi Asap Video atau *Video Smoke Detector* ini adalah satu atau lebih kamera video, komputer dan perangkat lunak untuk menganalisis sinyal video. Komputer akan menggunakan perangkat lunak tertentu untuk mengidentifikasi gerakan dan pola asap yang unik. Sinyal unik ini diidentifikasi dan memicu alarm yang aktif. sensor ini membutuhkan komputer untuk mengolah video yang dideteksi sehingga sulit untuk dibuat portabel.

2.3.4 *Photoelectric Smoke Detector* (Detektor Asap Fotolistrik)

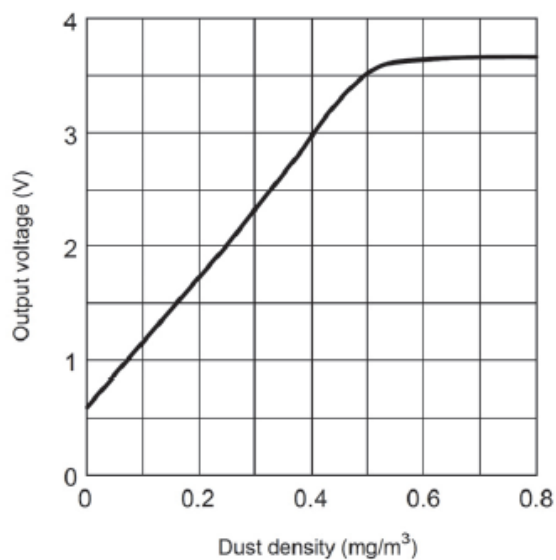
Photoelectric Smoke Detector adalah jenis *Smoke Detector* yang menggunakan cahaya untuk mendeteksi adanya gumpalan asap. salah satu sensor asap yang menggunakan teknik adalah *optical dust sensor* SHARP GP2Y1014AU0F. Pada sensor ini sinar cahaya yang berbentuk denyutan dari lampu LED atau Diode pemancar inframerah diatur secara diagonal dengan phototransistor yang mendeteksi cahaya yang dipantulkan oleh debu udara di ruang pengukuran seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.3. Namun apabila terjadi kebakaran dan asapnya memasuki ruang atau chamber detektor maka cahayanya akan berbelok atau terhalang sehingga mengaktifkan sinyal alarm (Jovanović :2013) . Menurut *datasheet*, sensor ini mudah mendeteksi partikel yang sangat halus seperti asap rokok. Selain itu, bisa membedakan asap dari debu rumah dengan pola pulsa tegangan output.



Gambar 2.3 Skematik sensor debu

Sumber : https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf

Keluaran dari sensor adalah tegangan analog proporsional untuk kepadatan debu yang diukur dan dibutuhkan sekitar $280\mu s$ sebelum distabilkan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Karakteristik output sensor

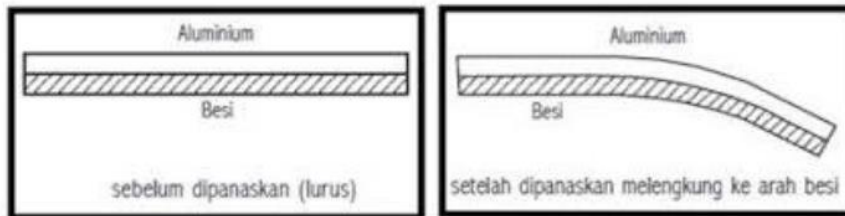
Sumber : https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf

2.4 Temperature Sensor (Sensor Suhu)

Temperature Sensor adalah sensor yang digunakan untuk mendeteksi gejala perubahan suhu pada suatu dimensi benda atau dimensi ruang tertentu. Contoh : bimetal, termistor, termokopel, RTD, IC sensor.

2.4.1 Sensor Bimetal

Bimetal adalah dua keping logam yang angka muainya berbeda kemudian dijadikan satu. Bimetal yang dipanaskan akan melengkung ke arah logam yang angka muainya kecil. Demikian juga kalau didinginkan, bimetal akan melengkung ke arah logam yang angka muainya besar seperti pada Gambar 2.5 berikut.



Gambar 2.5 Respon bimetal terhadap tegangan
sumber: ([Http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/](http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/).)

Termometer bimetal mekanik adalah sebuah termometer yang terbuat dari dua buah kepingan logam yang memiliki koefisien muai berbeda yang dipelat menjadi satu. Keping bimetal sengaja dibuat memiliki dua buah keping logam karena kepingan ini dapat melengkung jika terjadi perubahan suhu.

2.4.2 Sensor Termistor

Sensor *termistor* adalah suatu jenis resistor yang sensitive terhadap adanya perubahan suhu. Prinsip sensor termistor adalah memberikan perubahan resistansi yang sebanding dengan perubahan suhu. Perubahan resistansi yang besar terhadap perubahan suhu yang relatif kecil. Komponen dalam thermistor ini dapat meng-ubah nilai resistansi karena adanya perubahan suhu. Dengan demikian dapat mengubah energi panas menjadi energi listrik.

Termistor dapat dibedakan dalam 2 jenis, yaitu termistor yang mempunyai koefisien negatif, disebut NTC (*Negative Temperature Coefisient*). Termistor yang mempunyai koefisien positif yang disebut PTC (*Positive Temperature Coefisient*). kekurangan dari thermistor antara lain :Tidak linier, Range pengukuran suhu yang sempit, Rentan rusak, Memerlukan supply daya, Mengalami *self heating*.

2.4.3 Sensor RTD

Resistance Thermal Detector (RTD) atau dikenal dengan *Detektor Suhu Tahanan* adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni, yang

memberikan nilai tahanan yang terbatas untuk masing-masing suhu di dalam kisaran suhunya.

Prinsip kerja dari RTD ini adalah, ketika RTD menerima panas maka panas tersebut akan dikonversikan oleh RTD ke dalam bentuk besaran listrik yaitu tahanan. Panas yang dihasilkan berbanding lurus dengan tahanan dari jenis elemen logam platina yang ada pada sensor RTD. Kelemahan dari RTD karena mempunyai bahan dari platina murni menyebabkan harga sensor mahal. Lebar jangkauan pengukuran dari alat ini jelas tidak selebar termokopel. Dikarenakan setiap detil perubahan kecil pada resistansi akan ikut terkoreksi dan terukur, maka koneksi pun harus ketat, dan bahkan alat ini harus bebas dari korosi agar tidak mempengaruhi pembacaan.

2.4.4 Sensor Termokopel

Termokopel adalah sensor suhu yang digunakan untuk mengubah perbedaan suhu dalam benda menjadi perubahan tegangan listrik. *Termokopel* yang sederhana dapat dipasang, dan memiliki jenis konektor standar yang sama, serta dapat mengukur suhu dalam jangkauan suhu yang cukup antara -200°C sampai 1800°C dengan batas kesalahan pengukuran kurang dari 1°C . Prinsip kerja *termokopel* secara sederhana berupa dua buah kabel dari jenis logam yang berbeda ujungnya, hanya ujungnya saja, disatukan. Titik penyatuan ini disebut *hot junction*, seperti yang ada pada Gambar 2.6 berikut.



Gambar 2.6 Arsitektur sensor termokopel

Sumber: ([Http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/](http://Robby.C.Staff.Gunadarma.Ac.Id/).)

Prinsip kerjanya memanfaatkan karakteristik hubungan antara tegangan (volt) dengan suhu. Setiap jenis logam, pada suhu tertentu memiliki tegangan tertentu pula. Jika sebuah batang logam dipanaskan pada salah satu ujungnya maka pada ujung tersebut elektron-elektron dalam logam akan bergerak semakin aktif dan akan menempati ruang yang semakin luas, elektron - elektron saling desak dan bergerak ke arah ujung batang yang tidak dipanaskan. Beda tegangan ini linear dengan perubahan arus, sehingga nilai arus ini bisa dikonversi kedalam bentuk tampilan display. Kekurangan termokopel antara lain: Kalibrasi

yang sulit, saat termokopel dinyalakan, suhu yang tertera adalah suhu pada ruangan tersebut. Hanya dapat digunakan untuk mengukur perbedaan suhu.

2.4.5 *Integrated Circuit Temperature Sensor*

LM35 adalah sensor suhu sirkuit terintegrasi yang dibuat oleh Semikonduktor Nasional. Ini memiliki presisi yang lebih tinggi dan lebih luas rentang kerja linier. Tegangan keluaran LM35 linier suhu Celsius proporsional, pada suhu biasa, itu dapat memberikan $\pm 1/4$ °C presisi umum suhu kamar tanpa perlu kalibrasi tambahan atau fine-tune. Ujian menggunakan sensor suhu tipe LM35 dengan plastik pengemasan (LIU: 2011). Pin berfungsi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.7, dasar parameter kerja adalah:

- 1) Working voltage: dc 4 ~ 30V;
- 2) Working current: < 133 uA;
- 3) Output voltage: + 6V —1.0V;
- 4) Output impedance: 1mA load 0.1^2 ;
- 5) Measuring precision: 0.5 °C (in + 25 °C);
- 6) Leak current: < 60 uA;
- 7) Scale factor: linear + 10.0 mV / °C;
- 8) Nonlinear value: $\pm 1/4$ °C;
- 9) Calibration means: langsung kalibrasi celcius;
- 10) Measuring temperature range: 0 ~ 100 °C.



1 power +Vs; 2 output V_{out} ; 3 grounding GND

Gambar 2.7 Bentuk fisik LM35DZ
Sumber: www.alldatasheet.com/LM35

2.5 *Flame Sensor (sensor api)*

Flame Sensor merupakan alat optik yang digunakan untuk mendeteksi nyala api dengan menggunakan sensor optic untuk mendekteksinya. *flame detector* digunakan untuk

mendeteksi keberadaan api, bukan suhu panas. Api akan bisa dideteksi oleh keberadaan spectrum cahaya infra merah ataupun ultraviolet.

2.5.1 Ultra Violet (UV) Detector

Flame Detector dengan teknologi ultraviolet mampu merespon radiasi dengan kisaran spektral mulai dari 180 hingga 260 nanometer. Kemampuan respon teknologi UV tergolong sangat cepat, begitu pula tingkat sensitivitas yang sangat baik dalam range 0 sampai 50 kaki. sensor ini mendeteksi kebakaran dan ledakan diantara 3-4 milidetik melalui radiasi UV yang dipancarkan saat penyalaan. alarm palsu akan dipicu oleh sumber-sumber UV seperti lampu halogen, petir, las, radiasi, dan cahaya matahari. kelemahan sensor ini adalah harga yang relatif lebih mahal dibanding sensor sensor api yang lain.

2.5.2 CCTV Video Flame Detector

CCTV atau web camera bisa digunakan untuk deteksi video panjang gelombang antara 0.4 dan 0.7 μm . seperti manusia, kamera juga bisa dibutakan oleh asap dan kabut. Dalam perkembangannya tiga jenis flame detector yang terakhir (*UV/IR and Visible Detector*, *Triple IR Detector*, dan *CCTV Flame Detector*) paling banyak disebut-sebut oleh produsennya untuk menggantikan detector yang lainnya, terutama UV/IR Detector yang sejatinya banyak dipakai namun juga banyak menimbulkan alarm palsu yang disebabkan oleh orang mengelas, petir, ataupun panas yang ditimbulkan oleh logam karena sengatan matahari sehingga menyebabkan terjadinya kepulan panas.

2.5.3 Visual Flame Imaging Detektor Teknologi Flame Detektor

Visual Flame Imaging Detektor Teknologi Flame Detektor memanfaatkan beberapa perangkat CCD image sensor yang umumnya diaplikasikan pada kamera sirkuit tertutup, serta algoritma pendeteksi api untuk menentukan keberadaan percikan api kebakaran sungguhan. Dengan adanya algoritma, maka gambar video yang didapat dari komponen CCD mampu diproses dan akan dihasilkan analisis mengenai bentuk serta perkembangan api kebakaran sehingga akan dapat dibedakan sumber api dan sumber non api. Mengingat karakteristik tersebut, teknologi ini akan mungkin digunakan hanya pada lokasi-lokasi yang di dalamnya memang telah biasa terdapat aktivitas pembakaran demi menghindari terjadinya isu alarm palsu. kelemahan sensor ini adalah menjadi lebih rumit diterapkan karena memerlukan algoritma pengolahan citra yang sulit dilakukan dimikrokontroller, dari segi

efisiensi jika diterapkan pada sistem multi sensor akan menjadi tidak efisien karena harga sensor yang relatif tinggi.

2.5.4 *Infrared (IR) Detector*

Infrared flame detector bekerja pada pita spectral inframerah. Gas panas akan mengeluarkan sebuah pola spektral spesifik di daerah infra merah, dimana ini akan disensor oleh sebuah *Infrared sensor*, *Infrared sensor* dapat mendeteksi api dengan panjang gelombang cahaya 760 nm ~ 1100 nm. sensor ini memungkinkan untuk khusus mendeteksi dari spektrum api. Sensor dapat mendeteksi di area kerja sudut probe 60 derajat. Suhu pengoperasian sensor adalah -25 derajat Celcius hingga 85 derajat Celcius, harus dicatat bahwa jarak probe dari nyala api tidak boleh terlalu dekat untuk menghindari kerusakan. Frekuensi dalam *IR Flame Detector* tunggal memiliki sensitivitas pada range 4.4 micrometer dengan respon waktu sebesar 3-5 detik. Alarm palsu bisa disebabkan oleh permukaan panas lain dan radiasi panas di area yang terkaburkan oleh air dan energi matahari.

Fitur Modul *IR flame sensor*:

- 1) dapat mendeteksi nyala atau panjang gelombang pada kisaran 760 nm hingga 1100 nm dari sumber cahaya api.
- 2) sudut deteksi 60 derajat
- 3) Sensitivitas dapat disesuaikan menggunakan trimpot
- 4) sinyal keluaran dari komparator tanpa nois.
- 5) Arus sekitar 15mA
- 6) Tegangan Pengoperasian 3.3V-5V
- 7) keluaran dalam bentuk switching digital) dan keluaran tegangan analog
- 8) menggunakan komparator tegangan LM393

sensor *infrared* merupakan sensor yang sederhana, jika sensor berdiri sendiri pada sebuah sistem akan mengalami banyak kesalahan pembacaan atau alarm palsu, hal ini dapat diatasi dengan mengkombinasikan dengan sensor sensor yang lain untuk membaca gejala gejala kebakaran agar lebih sesuai.

2.6 Sensor Gas

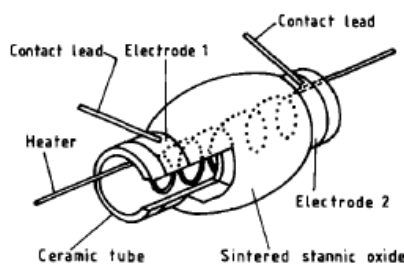
Sensor gas adalah pengindra yang terbuat dari bahan logam yang sensitif terhadap gas tertentu. sensor gas mendeteksi konsentrasi jenis gas tertentu sesuai dengan bahan dari sensor yang digunakan (Jones, 1988: 50-60).

2.6.1 Sensor Gas Kalorimetri

Perangkat kalorimetri beroperasi berdasarkan prinsip mendeteksi panas yang berevolusi selama pembakaran gas yang mudah terbakar di udara sekitar. Oksidasi total metana, misalnya, membebaskan 803 kJ/mol panas. Jika, di bawah kondisi pengukuran, laju reaksi tergantung pada konsentrasi bahan bakar maka penentuan panas yang dikembangkan menyediakan cara untuk mengukur konsentrasi gas. Panas yang berkembang dapat diukur sebagai kenaikan suhu, dan katalis digunakan untuk mencapai kenaikan suhu yang memadai pada suhu rendah yang sesuai. Jadi konstituen dasar dari sensor gas kalorimetri katalitik adalah sensor suhu, katalis dan pemanas untuk mempertahankan katalis pada suhu operasi.

2.6.2 Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors

Metal Oxide Semiconductor Gas Sensors Telah lama diketahui bahwa konduktivitas listrik banyak semikonduktor berubah ketika beberapa gas menyerap pada permukaan, dan bahwa efek ini dapat dibalikkan. Ini membentuk dasar dari beberapa sensor gas yang banyak digunakan. Bentuk khas dari sensor ditunjukkan pada Gambar 2.6. Model umum telah dikembangkan yang dengan menjelaskan mekanisme yang mendasari efek utama tetapi beberapa di antaranya lebih rinci.



Gambar 2.8 Arsitektur metal oxide semiconductor gas sensors

Sumber: Jones, T. A., and P. T. Walsh *Review* 32.2 (1988): 50-60

Oksigen terionisasi pada permukaan, terkait dengan cacat yang disebabkan oleh non-stoikiometri dalam padatan. Cacat ini juga merupakan sumber elektron bebas yang berkontribusi terhadap konduktivitas listrik.

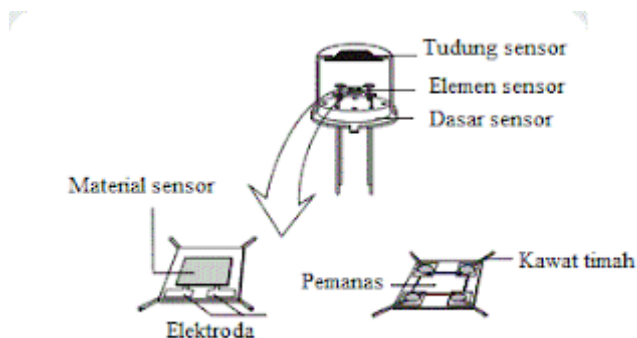
Keterbatasan utama adalah bahwa mereka hampir sepenuhnya non-selektif dan, tidak seperti sensor kalorimetri, tidak ada korelasi antara indikasi yang diperoleh dan ledakan gas. Ini adalah alasan utama mengapa perangkat ini tidak digunakan sampai tingkat signifikan untuk pengukuran kuantitatif.

2.6.3 Catalytic Gate Field Effect

Metal oxide semiconductor (MOS) pengindra hidrogen pertama kali dijelaskan oleh Lundstrom pada tahun 1975. Mekanisme dimana keberadaan hidrogen di atmosfer mempengaruhi karakteristik perangkat MOS telah dijelaskan oleh Lundstrom dalam hal disosiasi hidrogen molekuler menjadi hidrogen atom pada permukaan paladium. Atom hidrogen berdifusi ke dalam film logam dan teradsorpsi pada permukaan paladium bagian dalam. Atom - atom yang teradsorpsi membentuk dipol pada antarmuka metalinsulator, menghasilkan peningkatan fungsi kerja logam pada antarmuka. Ini pada gilirannya mempengaruhi tegangan ambang atau tegangan di mana lapisan inversi mulai terbentuk dari transistor, atau tegangan pita datar. jika perangkat dalam bentuk kapasitor. Hasil bersih dari pembentukan lapisan dipol adalah untuk menghasilkan tegangan ekstra secara seri dengan tegangan yang diterapkan secara eksternal. Perubahan fungsi kerja diasumsikan proporsional dengan konsentrasi antarmuka hidrogen teradsorpsi, sehingga perubahan maksimum akan terjadi ketika setiap situs antarmuka ditempati oleh atom hidrogen. Perubahan terukur dapat diperoleh untuk konsentrasi hidrogen yang sangat rendah (<1 ppm) dalam beberapa kasus.

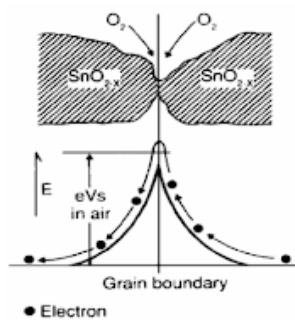
2.6.4 Sensor Gas Semikonduktor

Sensor semikonduktor adalah sejumlah komponen elektronik yang menggunakan sifat-sifat materi semikonduktor, diantaranya Silikon, Germanium, dan Gallium arsenide. Elemen sensor yang digunakan pada sensor gas semikonduktor adalah material Timah oksida (SnO_2). Sensor gas memiliki bobot yang ringan, kecil, sudah tersedia luas dan memiliki sensitifitas tinggi. Mekanisme utama untuk reaksi gas dengan metal oksida terjadi pada suhu tinggi yaitu $200^\circ\text{C} - 600^\circ\text{C}$ (Oktorizal, 2010).



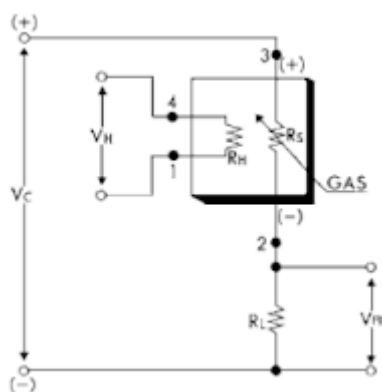
Gambar 2.9 Komponen penyusun sensor gas semikonduktor
Sumber : (Oktorizal, 2010)

Bila suatu kristal oksida logam seperti SnO_2 dipanaskan pada suhu tinggi tertentu di udara, oksigen akan teradsorpsi pada permukaan kristal dengan muatan negatif. Elektron-elektron donor pada permukaan kristal ditransfer ke oksigen teradsorpsi, sehingga menghasilkan suatu lapisan ruang bermuatan positif. Akibatnya potensial permukaan terbentuk, yang akan menghambat aliran elektron. Di dalam sensor, arus listrik mengalir melalui bagian-bagian penghubung batas butir kristal-kristal mikro SnO_2 . Pada batas-batas antar butir, oksigen yang teradsorpsi membentuk penghalang potensial yang menghambat muatan bebas bergerak. Tahanan listrik sensor disebabkan oleh penghalang potensial ini. Gambar 2.10 menunjukkan model penghalang potensial antar butir kristal mikro SnO_2 pada keadaan tanpa adanya gas yang dideteksi.



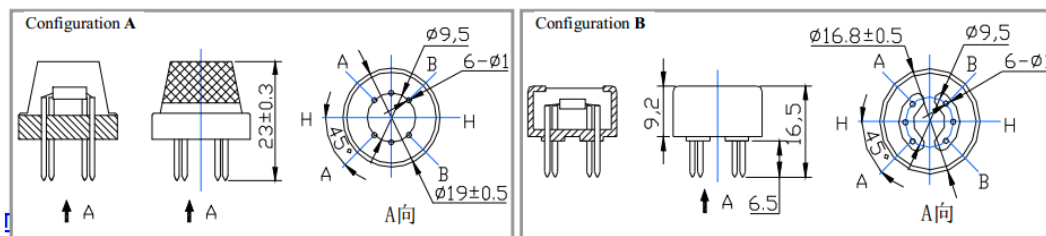
Gambar 2.10 Model penghalang antar butir pada keadaan tanpa gas dideteksi
Sumber : Oktorizal, 2010

Skema rangkaian sensor gas dapat dijelaskan menggunakan prinsip rangkaian pembagi tegangan seperti pada Gambar 2.11 Hambatan total sensor (R_S) dan hambatan beban (R_L) tersusun secara seri. Apabila rangkaian diberi tegangan V_C maka ruang pemanas pada sensor akan aktif dan bereaksi dengan gas target sehingga akan mengakibatkan nilai R_H (hambatan pemanas) berkurang. Berkurangnya nilai R_H akan mengakibatkan nilai R_S juga berkurang secara keseluruhan, yang selanjutnya akan mengakibatkan nilai V_L bertambah.



Gambar 2.11 Rangkaian dasar sensor gas
Sumber : Rusnur, 2012

Pada penelitian ini menggunakan dua sensor gas semikonduktor, yaitu sensor MQ-6 dan MQ-7. sensor MQ-6 digunakan untuk mendeteksi *flamable* gas, sensor ini berbahan dasar sensitif berupa SnO_2 yang memiliki konduktivitas lebih rendah di udara bersih. kemudian SnO_2 dipanaskan oleh resistor pemanas yang ada didalam sensor pada suhu kerja untuk mengaktifkan sensor ini. Ketika gas yang mudah terbakar target ada, konduktivitas sensor lebih tinggi seiring dengan kenaikan konsentrasi gas. dengan menggunakan rangkaian listrik sederhana dapat dilakukan konversi perubahan konduktivitas untuk menyesuaikan sinyal keluaran konsentrasi gas. Sensor gas MQ-6 memiliki sensitivitas tinggi terhadap LPG, Propana dan Hidrogen, juga dapat digunakan untuk Metana dan uap mudah terbakar lainnya, dengan biaya rendah dan cocok untuk aplikasi yang berbeda. Struktur dan konfigurasi MQ-6 sensor gas ditunjukkan pada Gambar 2.12 yang terdapat Konfigurasi A atau B, sensor disusun oleh tabung keramik mikro Al_2O_3 , Dioksida tipis sensitif berbahan SnO_2 , elektroda pengukuran dan pemanas, lapisan kulit yang terbuat dari plastik dan stainless steel.



Gambar 2.12 Sensor MQ-6 konfigurasi A dan B
Sumber : Rusnur, 2012

Spesifikasi Sensor MQ-6 dapat dijelaskan sebagai berikut:

2.6.4.1 Kondisi Standar Bekerja

- 1) Tegangan Sirkuit (V_c) : $5V \pm 0.1$ AC atau DC
- 2) Tegangan Pemanasan (V_h) : $5V \pm 0.1$ AC atau DC
- 3) Resistansi Load (P_L) : $20k\Omega$
- 4) Konsumsi Pemanasan (P_h) : kurang dari 750mw

2.6.4.2 Kondisi Lingkungan

- 1) Suhu Penggunaan : -10°C hingga 50°C
- 2) Suhu Penyimpanan : -20°C hingga 70°C
- 3) Kelembapan Terkait : Kurang dari 95% Rh
- 4) Konsentrasi Oksigen : 21%(Kondisi Standar) konsentrasi oksigen dapat mempengaruhi sensitivitas

2.6.4.3 Karakteristik Sensitivitas

- 1) Resistansi Pengindraan(R_s) : $10K\Omega$ - $60K\Omega$ (1000ppm LPG)
- 2) Kondisi Standar Deteksi : Temp: $20^{\circ}C \pm 2^{\circ}C$ V_c : $5V \pm 0.1$ Humidity: $65\% \pm 5\%$ V_h : $5V \pm 0.1$
- 3) Jangkauan Deteksi : 200-10000 ppm LPG , iso-butane,propane,LNG

Pada dasarnya semua keluarga MQ mempunyai bahan dasar sensitif yang sama dengan prinsip kerja yang sama. perbedaannya terletak pada target gas yang dideteksi, MQ-7 mempunyai target gas beracun CO atau *Carbon monoxide*. Pada prinsipnya sensor MQ-7 ini menggunakan prinsip resistif, yaitu sensor ini menggunakan perubahan hambatan untuk menentukan nilai kandungan gas karbon monoksida yang ada di udara pada satu lingkungan. Sensor ini memiliki rentang pembacaan gas karbon monoksida antara 20-2000 ppm karbon monoksida. Adapun spesifikasi dari sensor ini ditampilkan berikut :

- 1) Tegangan Kerja : ± 5 V
- 2) Target deteksi : Karbon Monoksida
- 3) Rentang : 20-2000 ppm
- 4) Jenis antarmuka : Analog
- 5) Jumlah pin 4 pin : AOUT,DOUT, VCC, GND

2.7 Fuzzy Logic Control

Sistem alarm kebakaran memerlukan algoritma sebagai sistem penentu keputusan. pada penelitian ini algoritma yang digunakan adalah algoritma *fuzzy*. Logika *fuzzy* merupakan salah satu cabang dari ilmu komputer yang mempelajari tentang nilai kebenaran yang bernilai banyak. Berbeda dengan nilai kebenaran pada logika klasik yang bernilai 0 jika salah atau 1 jika benar. Logika *fuzzy* mempunyai nilai kebenaran *real* dalam selang $[0,1]$. Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Lotfi A. Zadeh seorang ilmuwan Amerika Serikat berkebangsaan Iran dari Universitas California di Berkeley. Meskipun demikian, logika *fuzzy* lebih banyak dikembangkan oleh praktisi Jepang.

2.7.1 Komponen dasar logika fuzzy

Logika *fuzzy* mempunyai beberapa komponen antara lain:

1) Variable linguistik.

Variable ini merupakan variable yang memiliki nilai linguistik. Contoh variable linguistik adalah suhu, kerapatan gas beracun,

2) Nilai linguistik.

Nilai linguistik atau terma merupakan nilai dari variable linguistik, contohnya untuk variable linguistik jumlah kendaraan bisa berupa tidak ada, sedikit, sedang, banyak, sangat banyak.

3) Nilai kuantitatif dan derajat keanggotaan.

Nilai kuantitatif merupakan nilai eksak yang mewakili nilai linguistik. Nilai kuantitatif setiap terma ditentukan oleh fungsi keanggotaan. Fungsi keanggotaan ini menunjukkan derajat keanggotaan dari sebuah predikat.

Pada logika klasik, nilai keanggotaan sebuah predikat logika adalah 0 atau 1. Misalnya untuk himpunan $A = \{x \mid x > 20\}$, predikat $2 \in A$ bernilai 0. Sedangkan untuk $21 \in A$ bernilai 1. Logika klasik bernilai absolut, artinya meskipun nilai $x = 19.999999$, predikat $x \in A$ tetap bernilai 0. Berbeda dengan logika klasik, logika *fuzzy* mempunyai derajat keanggotaan dengan selang $[0,1]$. Derajat keanggotaan ini ditentukan dengan fungsi keanggotaan.

Misalkan diberikan predikat jumlah kendaraan sedang-sedang saja dengan fungsi keanggotaan berikut:

$$\mu_{\text{jumlah_kendaraan_sedang}}[x] = \begin{cases} 0 & x \leq 5 \\ (x-5)/5 & 5 \leq x \leq 10 \\ 1 & x \geq 10 \end{cases}$$

Untuk nilai $x = 8$, maka x adalah sedang merupakan predikat dengan derajat keanggotaan $(8 - 5)/5 = 6$.

4) Operator *Fuzzy*.

Operator fuzzy terdiri dari operasi-operasi yang sama seperti himpunan tegas atau crisp, mulai dari union (hubungan *OR*), *intersection* (hubungan *AND*), komplemen, perkalian cartesian, dan selisih himpunan. Berikut definisi dari operator untuk logika *fuzzy*.

Operasi pada Himpunan Tegas

(1) Gabungan (*union*)

$$\begin{aligned} A \cup B &= \{x \mid x \in A \text{ atau } x \in B\} \\ \mu_{A \cup B}(x) &= \mu_{A(x)} \vee \mu_{B(x)} = \max(\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}) \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(2.8)$$

(2) Irisan (intersection)

$$A \cap B = \{x \mid x \in A \text{ dan } x \in B\}$$

$$\mu_{A \cup B}(x) = \mu_{A(x)} \wedge \mu_{B(x)} = \min(\mu_{A(x)}, \mu_{B(x)}) \quad \dots\dots\dots(2.9)$$

(3) Komplemen

$$A' = \{x \mid x \notin A, x \in X\}$$

$$\mu_{A'(x)} = 1 - \mu_{A(x)} \quad \dots\dots\dots(2.10)$$

(4) Perkalian kartesian (*cartesian product*)

$$A.B = \{(a,b) \mid a \in A \text{ dan } b \in B\} \quad \dots\dots\dots(2.11)$$

(5) Selisih (*difference*)

$$A - B = \{x \mid x \in A \text{ dan } \dots\dots\dots(2.12)$$

2.7.2 Implikasi

Implikasi merupakan cara untuk menyatakan rule. Misalkan diberikan komposisi rule A dan rule B. maka Implikasi dinyatakan dalam:

IF A THEN B

Keterangan: A disebut anteseden

B disebut konsekuen

Implikasi ini digunakan untuk menentukan nilai linguistik dan nilai kuantitatif dari B jika diberikan A. Bisa digunakan berbagai macam teknik, tapi untuk metode Mamdani, yang digunakan adalah metode min (sama seperti AND).

2.8 Mikrokontroller Arduino

Algoritma *fuzzy* yang digunakan pada penelitian ini perlu ditanamkan pada perangkat keras. perangkat keras yang dapat digunakan untuk memproses algoritma *fuzzy* salah satunya adalah sistem mikrokontroller arduino. Arduino adalah mikrokontroller *open source* yang dapat dengan mudah diprogram, dihapus dan diprogram ulang kapan saja. Diperkenalkan pada tahun 2005 platform Arduino dirancang untuk menyediakan cara yang murah dan mudah bagi penggemar, siswa, dan profesional untuk membuat perangkat yang berinteraksi dengan lingkungannya menggunakan sensor dan aktuator. Berdasarkan mikrokontroller sederhana papan, itu adalah platform komputasi open source yang

digunakan untuk membangun dan pemrograman perangkat elektronik. Itu juga mampu bertindak sebagai komputer mini seperti mikrokontroller lainnya dengan mengambil masukan dan mengendalikan keluaran untuk berbagai perangkat elektronik. arduino juga mampu menerima dan mengirim informasi melalui internet dengan bantuan berbagai pihak *shield* Arduino, yang dibahas dalam makalah ini. Arduino menggunakan perangkat keras yang dikenal sebagai Arduino papan pengembangan dan perangkat lunak untuk mengembangkan kode yang dikenal sebagai Arduino IDE. Dibangun dengan mikrokontroller Atmel 8-bit Atmel diproduksi oleh Atmel atau 32-bit Atmel ARM, mikrokontroller ini dapat diprogram dengan mudah menggunakan bahasa C atau C ++ di Arduino IDE. Tidak seperti papan mikrokontroller lainnya, papan Arduino memasuki pasar elektronik hanya beberapa tahun yang lalu, dan terbatas pada proyek skala kecil saja. Orang yang terkait dengan elektronik sekarang secara bertahap muncul dan menerima peran Arduino untuk proyek mereka sendiri (Leo Louis, 2016: 21-29).

Papan pengembangan ini juga dapat digunakan untuk mengunggah kode baru ke papan hanya dengan menggunakan kabel USB untuk mengunggah. Arduino IDE menyediakan platform terintegrasi sederhana yang dapat dijalankan pada komputer pribadi biasa dan memungkinkan pengguna untuk menulis program untuk Arduino menggunakan C atau C ++. Dengan begitu banyak papan Arduino tersedia di pasar, memilih papan pengembangan tertentu membutuhkan berbagai survei yang dilakukan sehubungan dengan spesifikasi dan kemampuan mereka, yang dapat digunakan untuk pelaksanaan proyek sesuai dengan aplikasi yang ditentukan.

2.8.1 Perangkat keras Arduino

Arduino development board terdiri dari banyak komponen yang bersama-sama membuatnya bekerja. Berikut adalah beberapa blok komponen utama yang membantu dalam fungsinya:

- 1) Mikrokontroller: Ini adalah jantung dari papan pengembangan, yang berfungsi sebagai komputer mini dan dapat menerima serta mengirim informasi atau perintah ke perangkat periferi yang terhubung dengannya. Mikrokontroller yang digunakan berbeda dari papan ke papan; itu juga memiliki berbagai spesifikasi sendiri.
- 2) Catu Daya Eksternal: Catu daya ini digunakan untuk memberi daya pada papan pengembangan Arduino dengan tegangan yang diatur mulai dari 9 - 12 volt.
- 3) Colokan USB: Colokan ini adalah port yang sangat penting di board ini. Ini digunakan untuk mengunggah program ke mikrokontroller menggunakan kabel USB. Ia juga

memiliki kekuatan 5V yang diatur yang juga memberi daya pada papan Arduino dalam kasus-kasus ketika Catu Daya Eksternal tidak ada.

- 4) Programmer Internal: Kode perangkat lunak yang dikembangkan dapat diunggah ke mikrokontroller melalui port USB, tanpa pemrogram eksternal.
- 5) Tombol Reset: Tombol ini ada di papan tulis dan dapat digunakan untuk mengatur ulang mikrokontroller Arduino.
- 6) Pin Analog: Ada beberapa pin masukan analog mulai dari A0 - A7 (tipikal). Pin ini digunakan untuk masukan / keluaran analog. Tidak. pin analog juga bervariasi dari papan ke papan.
- 7) Pin I / O Digital: Ada beberapa pin masukan digital juga mulai dari 2 hingga 16 (tipikal). Pin ini digunakan untuk masukan / keluaran digital. Tidak. pin digital ini juga bervariasi dari papan ke papan.
- 8) Pin Daya dan GND: Ada pin pada papan pengembangan yang menyediakan 3,3 - 5 volt dan ground.

2.8.2 Perangkat Lunak Arduino

Kode program yang ditulis untuk Arduino dikenal sebagai *sketches*. Perangkat lunak yang digunakan untuk pengembangan tersebut *sketches* untuk Arduino umumnya dikenal sebagai Arduino IDE (*Arduino integrated development environment*). IDE ini berisi yang berikut ini bagian di dalamnya:

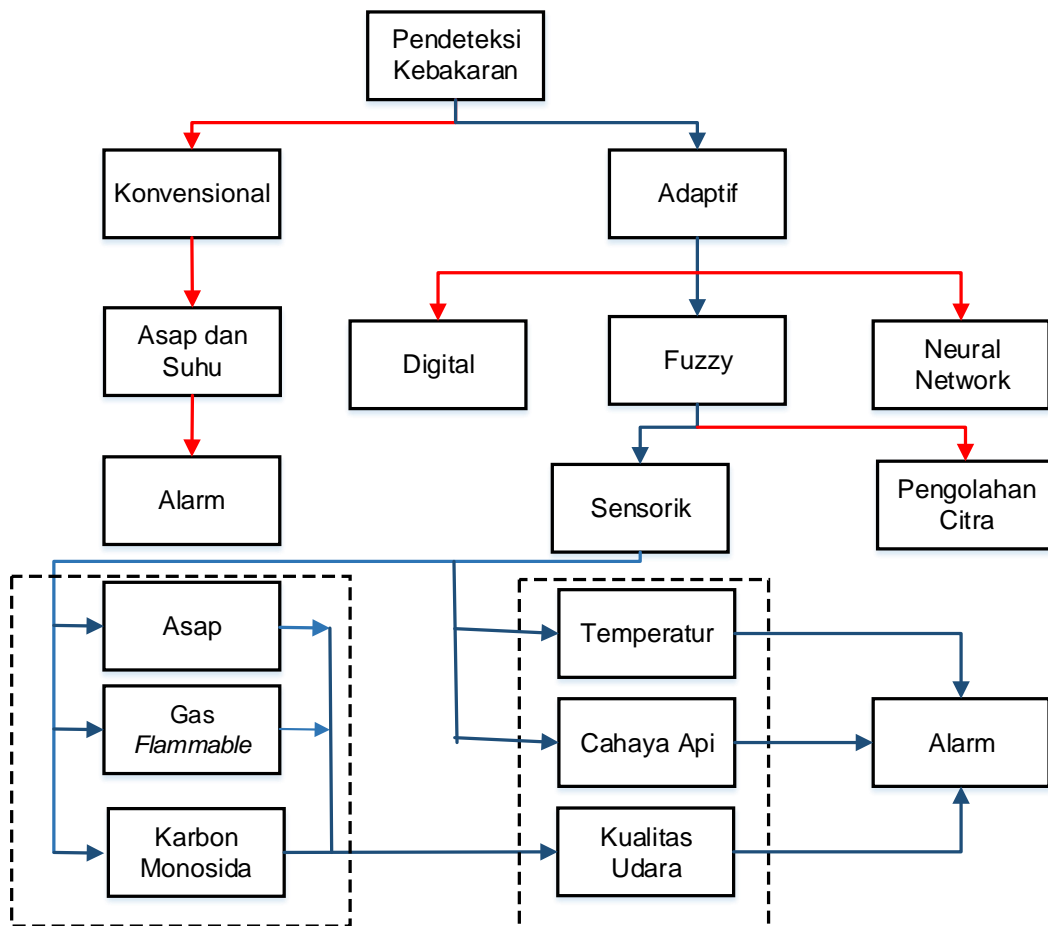
- 1) Editor teks: Di sinilah kode sederhana dapat ditulis menggunakan versi bahasa pemrograman C ++ yang disederhanakan.
- 2) Area pesan: Ini menampilkan kesalahan dan juga memberikan umpan balik tentang menyimpan dan mengekspor kode.
- 3) Teks: Konsol menampilkan keluaran teks oleh lingkungan Arduino termasuk pesan kesalahan lengkap dan informasi lainnya
- 4) Toolbar Konsol: Toolbar ini berisi berbagai tombol seperti Verifikasi, Unggah, Baru, Buka, Simpan, dan Serial Monitor. Di sudut kanan bawah jendela ada menampilkan Papan Pengembangan dan Port Serial yang digunakan.

Halaman ini Sengaja Dikosongkan

BAB III KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1 Kerangka Konsep Berpikir

Untuk mencapai hasil penelitian yang optimal dibutuhkan kerangka konsep penelitian disajikan dalam Gambar 3.1 untuk memetakan permasalahan yang akan diteliti. Berdasarkan diagram alir tersebut dapat diketahui bahwa pendeteksi kebakaran saat ini masih ada yang menggunakan sistem konvensional, yaitu menggunakan maksimal dua sensor saja. Sensor yang digunakan pada sistem pendeteksi kebakaran saat ini umumnya sensor suhu dan asap. Serta pendeteksi kebakaran umumnya belum menggunakan *fuzzy* atau pengendali lainnya sebagai penentu keputusan.



Gambar 3.1 Kerangka konsep penelitian

Pada Gambar 3.1, ada beberapa metode yaitu digital, logika *fuzzy*, dan *neural network* yang dapat digunakan untuk pendeteksi kebakaran dini. Pada penelitian ini akan digunakan metode *fuzzy* karena dianggap dapat menyelesaikan permasalahan pendeteksi dini kebakaran karena dapat mengambil keputusan dan menghasilkan keputusan yang baik untuk menyelesaikan permasalahan yang ada, serta dengan mengaplikasi metode tertentu membuat *fuzzy* menjadi lebih sederhana. Pada sistem pendeteksi kebakaran yang diusulkan akan menggunakan multisensor. Sensor mendeteksi fenomena penyebab kebakaran seperti kondisi udara, kenaikan suhu, dan cahaya api. Pada tahap pertama sistem akan mendeteksi kondisi udara dengan menggunakan beberapa sensor, diantaranya adalah sensor debu/asap, sensor gas *flammable*, sensor karbon monoksida. Kondisi udara ditentukan menggunakan *fuzzy* level pertama dengan mengacu hasil pembacaan tiga sensor tersebut kemudian menjadi satu masukan pada tahap selanjutnya. Pada level kedua penentuan alarm kebakaran mengacu pada keluaran dari *fuzzy* level pertama dan ditambahkan fenomena yang lain yaitu sensor suhu dan cahaya api. Ketiga hasil pembacaan dari kondisi udara, kenaikan suhu dan cahaya api menjadi acuan untuk algoritma *fuzzy* level kedua sebagai penentu alarm kebakaran.

Data yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu kadar asap, kadar gas *flammable*, kadar karbon monoksida, suhu dan cahaya api yang terjadi pada ruangan. Data diperoleh dari data primer, yaitu diambil oleh peneliti sendiri yang dilakukan menggunakan sensor sesuai kebutuhan. Data yang diperoleh selanjutnya digunakan sebagai analisis data dengan mengimplementasikan logika *fuzzy*.

3.2 Analisis Masalah

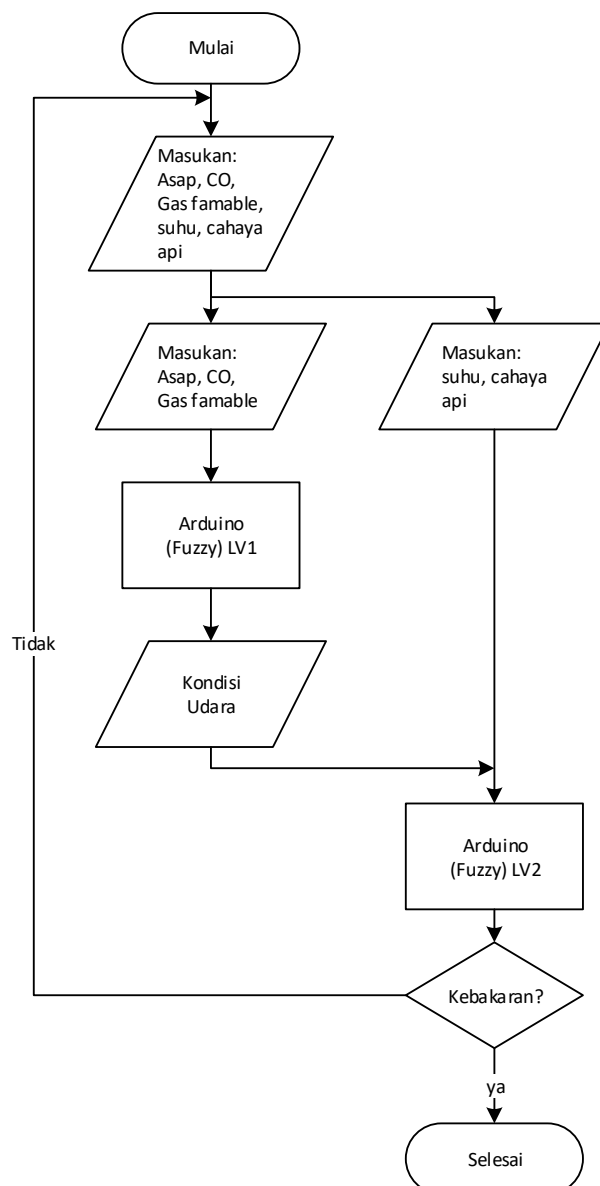
Sistem pendeteksi kebakaran saat ini menggunakan satu atau dua sensor saja sehingga pemasangannya harus pada ruangan tertentu, contohnya pada ruangan bebas rokok. Pendeteksi kebakaran konvensional tidak bisa membedakan antara sumber kebakaran atau bukan, hal ini dapat mengakibatkan terjadinya kesalahan pembacaan sumber api, contohnya asap memasak, debu, asap rokok, dll (ddfire.gov.uk). Kesalahan dalam pembacaan pendeteksi kebakaran pada bangunan mengakibatkan banyak kerugian. Hal ini terjadi karena tidak ada sistem penentu keputusan yang dipasangkan pada sistem pendeteksi kebakaran yang konvensional. Dalam hal perangkat keras, sistem konvensional juga kurang lengkap dalam mendeteksi gejala-gejala yang terjadi dalam fenomena kebakaran.

Oleh karena ini diperlukan sistem pendeteksi kebakaran dini yang dapat menentukan sumber api/ gejala yang terjadi tersebut adalah kebakaran atau bukan, agar tidak terjadi alarm

palsu. Sistem ini akan dievaluasi kinerjanya berdasarkan ketepatan dalam menentukan sumber api yang dideteksi merupakan kebakaran atau sumber api.

3.3 Konsep Solusi

konsep solusi yang diusulkan pada penelitian ini yaitu dengan menambahkan sensor agar lebih merepresentasikan keadaan dan lebih akurat dalam pembacaan kondisi yang terjadi di area sistem pendeteksi kebakaran dengan penambahan sensor maka akan bertambah pula kompleksitas logika *fuzzy* yang akan di desain, maka di usulkan menggunakan *fuzzy* dua level untuk mengurangi kompleksitasnya. Berikut Gambar 3.2 menjelaskan kerangka solusi pada penelitian ini.



Gambar 3.2 Kerangka solusi

Pada Gambar 3.2 langkah pertama ialah memasukkan parameter yang digunakan, dimana penelitian ini menggunakan kadar karbon monoksida, asap, kadar *flamable* gas, suhu, cahaya api. kadar karbon monoksida, asap, kadar gas digunakan untuk masukan logika *fuzzy* level 1 untuk menentukan kondisi udara, sedangkan suhu dan cahaya api digunakan sebagai masukan *fuzzy* level 2 yang ditambah juga keluaran yang didapat dari *fuzzy* level 1 yaitu kondisi udara. logika *fuzzy* pada penelitian ini dimasukan ke dalam mikrokontroller, dimana Mikrokontroller pada penelitian ini menggunakan arduino. Arduino adalah sebuah chip yang berfungsi sebagai pengontrol rangkaian elektronik dan umumnya dapat menyimpan program didalamnya. Untuk keluaran dari sistem pendeteksi kebakaran ini menggunakan alarm sebagai indikatornya.

3.4 Hipotesis

Pada Penelitian ini sistem pendeteksi kebakaran menggunakan lebih banyak sensor, sehingga lebih representatif dalam pembacaan kondisi sesungguhnya. sensor yang digunakan sesuai dengan kebutuhan pengindraan dalam fenomena kebakaran yaitu kondisi udara menggunakan sensor MQ-7, sensor MQ-6, sharp GP2Y1014AU0F, cahaya api menggunakan sensor *infrared*, suhu menggunakan sensor LM35 hal ini dimaksudkan untuk mengurangi tingkat kesalahan pembacaan dan alarm kebakaran palsu.

Fuzzy dua level pada penelitian ini dapat mengurangi kompleksitas algoritma *fuzzy* sebagai dampak penambahan banyaknya sensor yang digunakan.

Algoritma *fuzzy* dua level pada alarm kebakaran dengan multisensor mempunyai algoritma *fuzzy* yang sederhana namun tetap mampu mengurangi kesalahan pembacaan alarm kebakaran palsu.

BAB IV METODE PENELITIAN

4.1 Alat Dan Bahan Penelitian

Untuk menunjang penelitian ini, diperlukan alat dan bahan yang digunakan untuk sistem alarm kebakaran multisensor.

4.1.1 Perangkat keras

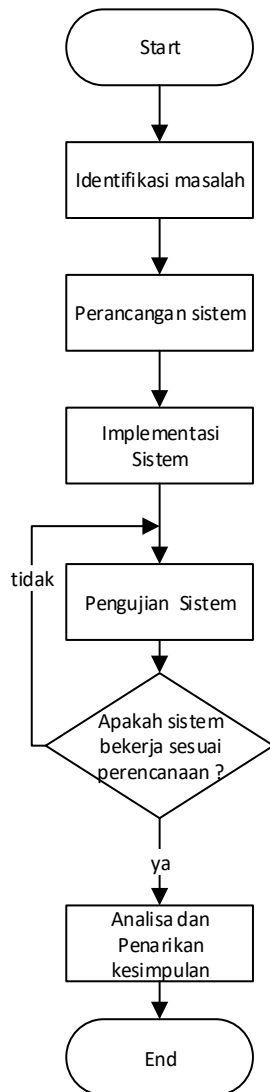
- (1) Arduino Mega2560
- (2) sensor Asap SHARP GP2Y1014AU0F
- (3) Sensor Gas MQ-6
- (4) Sensor Karbon Monoksida MQ-7
- (5) Sensor Suhu LM35
- (6) Sensor Cahaya Api

4.1.2 Perangkat lunak

- (1) Arduino IDE

4.2 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian menjelaskan mengenai beberapa prosedur yang dibutuhkan selama melakukan penelitian agar proses penelitian memiliki alur yang terarah dan sistematis. Tahapan penelitian terdiri dari beberapa tahap yakni defenisi masalah untuk menentukan penelitian yang akan diteliti, pengambilan data dan perancangan sistem untuk diimplementasikan, sehingga dapat diuji untuk proses lebih lanjut yakni analisis dan penarikan kesimpulan. Proses tersebut dijelaskan pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Tahapan Penelitian

4.2.1 Identifikasi Masalah

Tahap ini merupakan tahapan untuk mengkaji permasalahan yang akan diangkat dalam sistem, menentukan hal-hal yang penting sebagai dasar penyelesaian permasalahan melalui analisis kebutuhan, perancangan dan sistem alarm kebakaran multisensor dengan implementasi *fuzzy* dua level. Pada tahap ini dilakukan pemilihan metode atau cara-cara untuk menyelesaikan akar permasalahan utama. Tahap definisi masalah dilakukan dengan cara mengkaji jurnal-jurnal penelitian terkait. Pada penulisan ini, permasalahan yang diangkat menjadi topik adalah sistem alarm kebakaran multisensor dengan implementasi *fuzzy* dua level.

4.2.2 Pengambilan Data

Proses pengambilan data dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut:

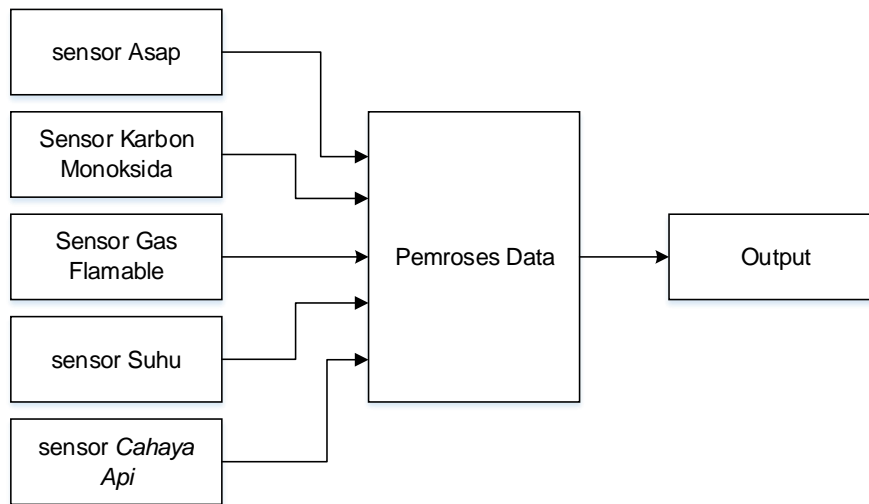
- 1) Pengambilan data primer diperoleh dari proses pengambilan data pada masing-masing sensor pada setiap kondisi. Pada tahapan ini dibutuhkan suatu aturan untuk melakukan pengambilan data. Berikut rincian aturan tersebut:
 - (1) Data yang perlukan yaitu data kadar asap, kadar gas flamemable, kadar Karbon Monoksida, tingkat suhu, sinar api.
 - (2) pengambilan data kadar asap menggunakan sensor SHARP GP2Y1014AU0F
 - (3) Pengambilan data kadar gas *flamable* menggunakan Sensor MQ-6
 - (4) Pengambilan data kadar gas Pengambilan data kadar gas Karbon Monoksida menggunakan sensor Karbon Monoksida MQ-7
 - (5) Pengambilan data tingkat suhu menggunakan sensor LM35
 - (6) Pengambilan data cahaya api menggunakan sensor *infrared*
 - (7) Tempat pengambilan data yaitu ruangan dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m.
- 2) Pengambilan data sekunder didapatkan dari literature jurnal, artikel ilmiah, data sheet dan sumber lain. Data sekuder nantinya dikorelasikan dengan sumber data primer untuk menyelesaikan penelitian yang dilakukan.

4.2.3 Perancangan Sistem

Pada penelitian ini perancangan sistem meliputi dua bagian, yaitu perancangan *hardware* dan perancangan *software (fuzzy)*.

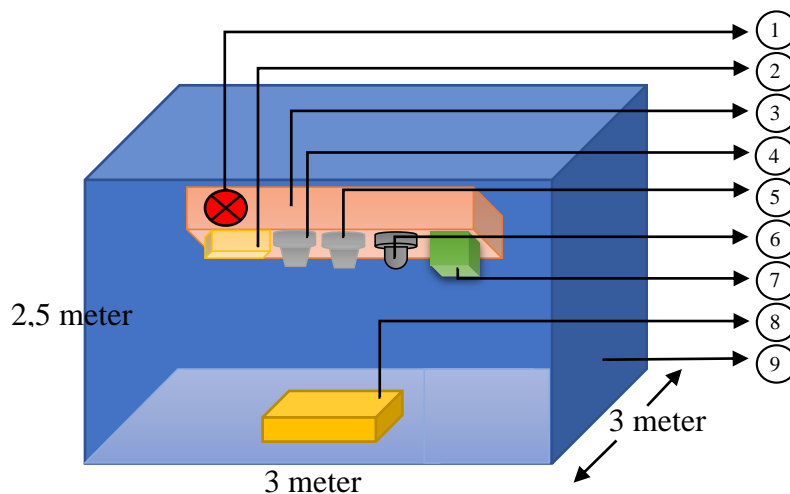
4.2.3.1 Perancangan *Hardware*

Sistem alarm kebakaran pada penelitian ini memerlukan lima buah perangkat sensor yang digunakan untuk mendeteksi fenomena kebakaran disuatu ruangan, kemudian untuk memproses keluaran dari sensor digunakan mikrokontroller arduino. keluaran yang digunakan sistem sebagai tanda kebakaran adalah buzzer, sesuai dengan diagram blok pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Diagram blok sistem

Perangkat *hardware* dirangkai sedemikian rupa didalam ruangan dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m, seperti yang terlihat pada Gambar 4.3



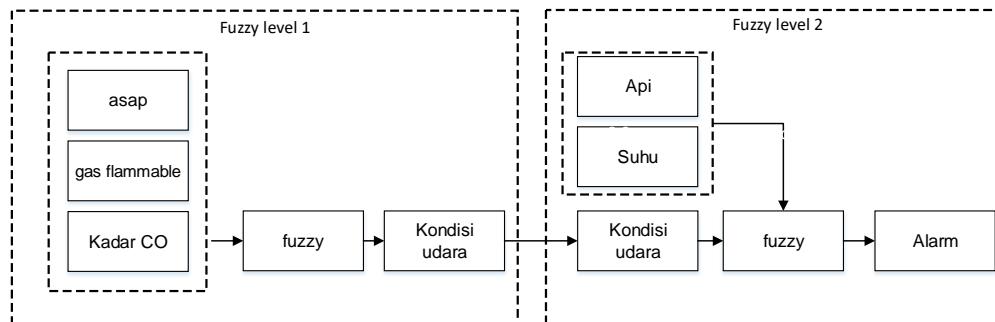
Gambar 4.3 Perancangan penempatan *hardware*

Keterangan :

- 1) Keluaran buzzer
- 2) Sensor Asap SHARP GP2Y1014AU0F.
- 3) Pemroses Arduino Mega2560
- 4) Sensor Gas *Flamable* MQ-6
- 5) Sensor Karbon Monoksida MQ-7
- 6) Sensor Cahaya Api *Infrared*
- 7) Sensor Suhu LM35
- 8) Tempat Objek Sumber Api
- 9) Ruang Simulasi Kebakaran

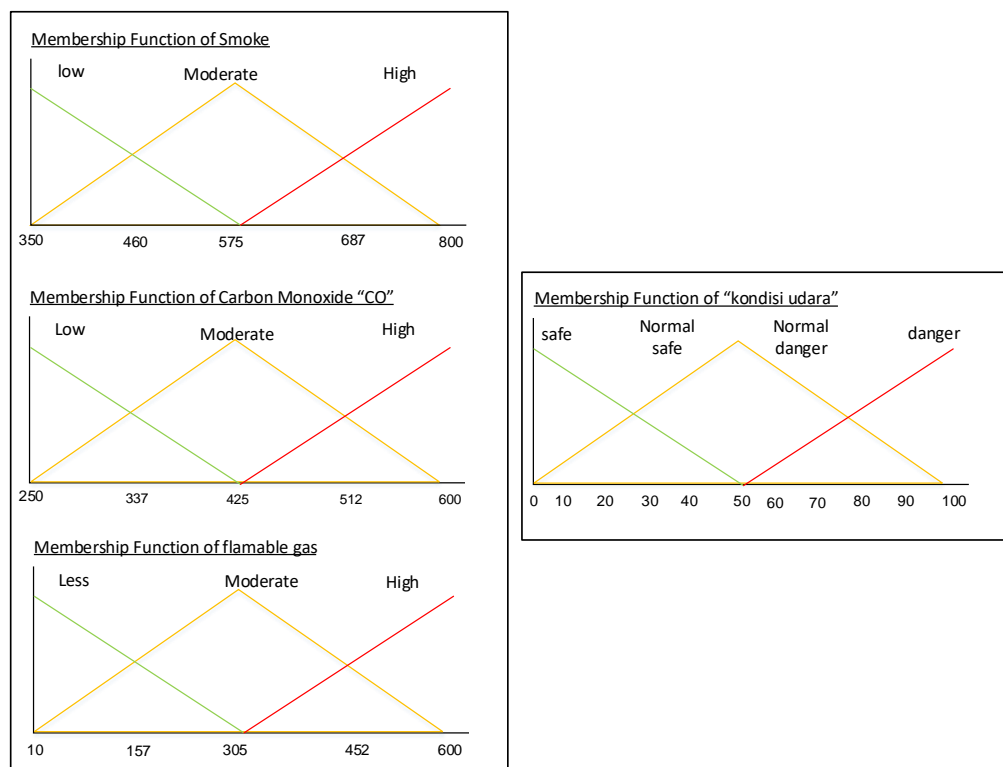
4.2.3.2 Perancangan Software

Perancangan *software* pada penelitian ini adalah merancangan logika *fuzzy* agar sesuai dengan kebutuhan sistem. pada penelitian menggunakan dua level *fuzzy*, diagram blok *fuzzy* ditunjukkan Gambar 4.4. tahap pertama yang dilakukan adalah perencanaan *fuzzy* level satu. Pada *fuzzy* level satu variabel yang digunakan sebagai variabel masukan logika *fuzzy* adalah kadar asap, kadar gas *flamemable*, kadar Karbon Monoksida untuk menentukan kondisi udara .



Gambar 4.4 Diagram blok *fuzzy*

Masing - masing variabel masukan dibuat fungsi keanggotaannya. Variabel keluaran yang juga dibuat dalam fungsi keanggotaan adalah kondisi udara. Desain fungsi keanggotaan setiap variabel masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gambar 4.5.



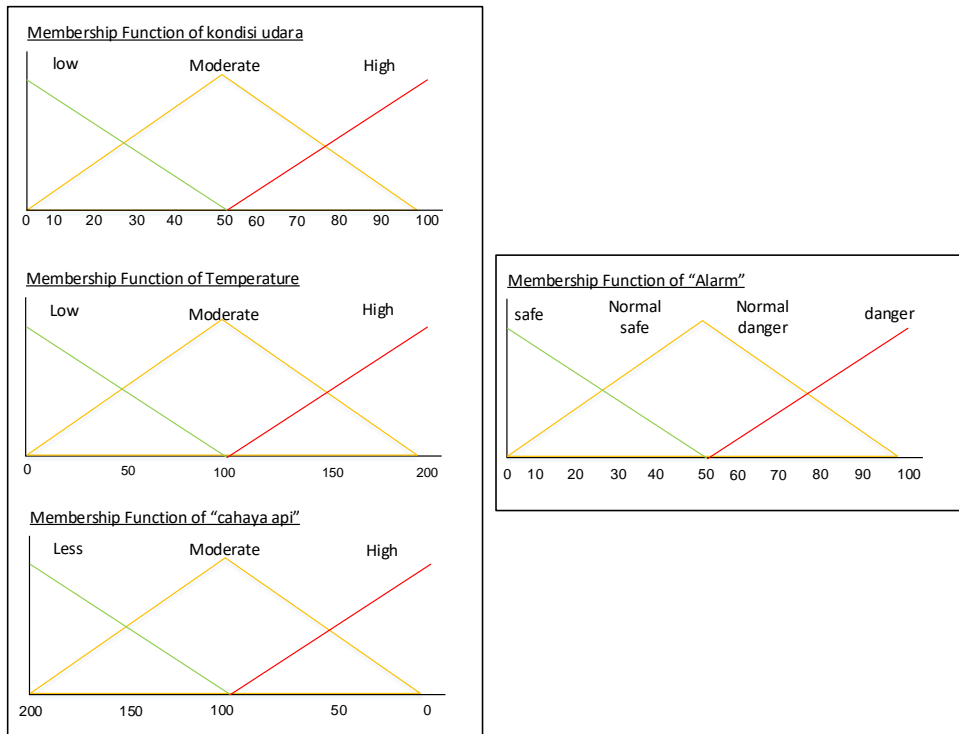
Gambar 4.5 Perancangan membership function *fuzzy* level satu

Fuzzy rule base pada *fuzzy* level satu direncanakan sesuai dengan Tabel 4.1

Tabel 4.1 *Fuzzy* Rule Base Level Satu

No	Kadar asap	Kadar Karbon Monoksida	Kadar <i>flamable</i> gas	Kondisi Udara
1	Low	Low	Low	Aman
2	Low	Low	Mod	NormalAman
3	Low	Low	High	NormalBahaya
4	Low	Mod	Low	NormalAman
5	Low	Mod	Mod	NormalAman
6	Low	Mod	High	Normal Bahaya
7	Low	High	Low	Normal Bahaya
8	Low	High	Mod	Normal Bahaya
9	Low	High	High	Bahaya
10	Mod	Low	Low	NormalAman
11	Mod	Low	Mod	NormalAman
12	Mod	Low	High	Normal Bahaya
13	Mod	Mod	Low	NormalAman
14	Mod	Mod	Mod	NormalAman
15	Mod	Mod	High	Bahaya
16	Mod	High	Low	Normal Bahaya
17	Mod	High	Mod	Bahaya
18	Mod	High	High	Bahaya
19	High	Low	Low	Normal Bahaya
20	High	Low	Mod	Normal Bahaya
21	High	Low	High	Bahaya
22	High	Mod	Low	Normal Bahaya
23	High	Mod	Mod	Bahaya
24	High	Mod	High	Bahaya
25	High	High	Low	Bahaya
26	High	High	Mod	Bahaya
27	High	High	High	Bahaya

Pada tahap selanjutnya keluaran *fuzzy* pada level satu, yaitu kondisi udara akan menjadi masukan pada *fuzzy* level dua diolah bersama dengan dua variabel masukan yang lain untuk menentukan keluaran alarm kebakaran. Desain fungsi keanggotaan setiap variabel masukan dan keluaran dapat dilihat pada Gambar 4.6.



Gambar 4.6 Perancangan membership function fuzzy level dua

Fuzzy rule base pada fuzzy level dua direncanakan sesuai dengan Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Fuzzy Rule Base Level Dua

No	Kondisi udara	Flame	Temperature	Alarm
1	Low	Low	Low	Aman
2	Low	Low	Mod	Normal Aman
3	Low	Low	High	Normal Bahaya
4	Low	Mod	Low	Normal Aman
5	Low	Mod	Mod	Normal Aman
6	Low	Mod	High	Normal Bahaya
7	Low	High	Low	Normal Bahaya
8	Low	High	Mod	Normal Bahaya
9	Low	High	High	Bahaya
10	Mod	Low	Low	Normal Aman
11	Mod	Low	Mod	Normal Aman
12	Mod	Low	High	Normal Bahaya
13	Mod	Mod	Low	Normal Aman
14	Mod	Mod	Mod	Normal Aman
15	Mod	Mod	High	Bahaya
16	Mod	High	Low	Normal Bahaya
17	Mod	High	Mod	Bahaya
18	Mod	High	High	Bahaya
19	High	Low	Low	Normal Bahaya
20	High	Low	Mod	Normal Bahaya
21	High	Low	High	Bahaya
22	High	Mod	Low	Normal Bahaya
23	High	Mod	Mod	Bahaya
24	High	Mod	High	Bahaya
25	High	High	Low	Bahaya
26	High	High	Mod	Bahaya
27	High	High	High	Bahaya

4.2.4 Implementasi Sistem

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan merangkai semua komponen sensor yang dibutuhkan, yaitu SHARP GP2Y1014AU0F, MQ-6, MQ-7, LM35, *infrared*. Semua sensor dihubungkan sedemikian rupa menjadi masukan dari mikrokontroller arduino mega, kemudian pada bagian keluaran dihubungkan dengan buzzer. Setelah semua hardware terpasang kemudian dilakukan perancangan *fuzzy* dua level yang selanjutnya diprogram ke dalam arduino mega. Setelah keseluruhan *hardware* dan *software* terintegrasi, sistem alarm kemudian diimplementasikan didalam ruangan percobaan khusus dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m.

4.2.5 Pengujian Sistem

Pengujian dilakukan dengan mengamati hasil pembacaan sensor asap, sensor gas Karbon Monoksida, sensor gas *flamable*, sensor suhu, sensor cahaya api yang telah diolah oleh algoritma *fuzzy* melalui komputer yang terhubung ke mikrokontroller dengan komunikasi serial. Sistem diujikan pada ruangan khusus dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m. Pengamatan dilakukan ketika sistem diberikan masukan berupa kertas terbakar, kayu terbakar, karpet terbakar, obat nyamuk bakar, setrika, solder, lilin, rokok, kompor (memasak), kompor (terbakar), *hairdryer*, vapour. Pengujian kinerja *fuzzy* dilakukan dengan membandingkan *fuzzy* 2 level yang telah dikembangkan dengan *fuzzy* 1 level saja, kemudian sistem diamati secara langsung apakah sistem mampu membedakan semua sumber kebakaran maupun api yang bukan sumber kebakaran yang diujikan pada tempat percobaan.

4.2.6 Analisis dan Penarikan Kesimpulan

Tahap ini merupakan tahap akhir dari penelitian yang akan dilaksanakan. Dari hasil pengujian pada tahap sebelumnya dilakukan analisis terhadap tingkat akurasi masing-masing kondisi, hal ini untuk memberikan evaluasi terhadap penelitian yang dilakukan serta memberikan kontribusi pengetahuan baru bagi khalayak. Setelah proses analisis selanjutnya ditarik kesimpulan dari keseluruhan penulisan yang dilakukan sebagai intisari dari rangkaian tahapan penelitian. Kesimpulan penelitian ini haruslah sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan dalam Bab Pendahuluan dan dibandingkan dengan hipotetis awal dari penelitian, apakah hipotetis sesuai dengan hasil yang diperoleh atau tidak. Langkah terakhir lainnya yaitu saran atau masukan sehubungan dengan permasalahan yang ada sehingga dapat dikembangkan lagi dikemudian hari.

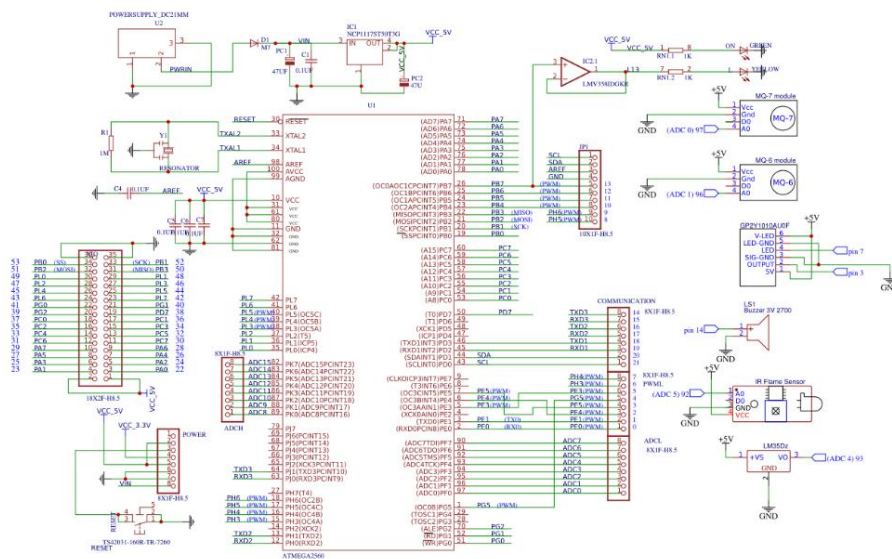
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian dilakukan untuk mengetahui keberhasilan sistem alarm kebakaran multisensor dengan implementasi fuzzy dua level yang telah dibuat berdasarkan hasil implementasi sistem. Hasil implementasi fuzzy dua level yang dibuat akan dibandingkan dengan fuzzy satu level. Tujuan dari perbandingan ini adalah mendapatkan data - data tentang kinerja dari kedua implementasi fuzzy.

5.1 Hasil Perancangan Sistem

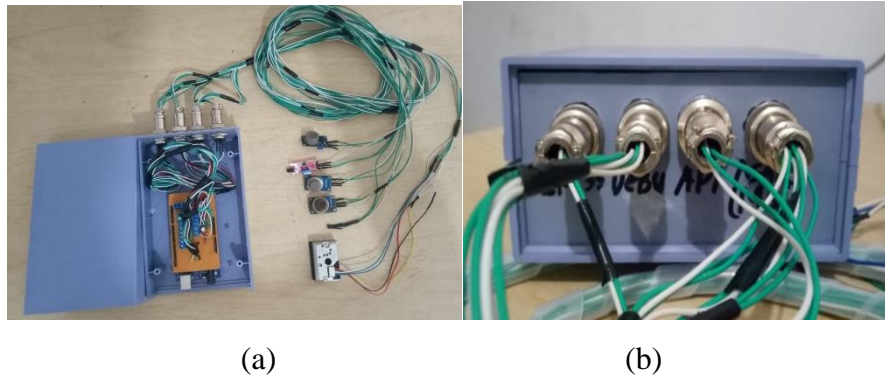
5.1.1 Hardware

Sistem alarm yang dibuat pada penelitian ini digunakan untuk merepresentasikan keadaan alarm sebenarnya pada ruangan tertentu. Sistem ini terdiri dari Arduino Mega2560, sensor Asap SHARP GP2Y1014AU0F, Sensor Gas MQ-6, Sensor Karbon Monoksida MQ-7, Sensor Suhu LM35, Sensor Cahaya Api . Ketika arduino mendapatkan catu daya, maka sensor mendeteksi fenomena yang ada pada ruang percobaan dan membaca 5 parameter mengenai gejala-gejala kebakaran yang ada. Skema keseluruhan realisasi sistem alarm dapat dilihat pada Gambar 5.1 berikut ini.



Gambar 5.1 Skema keseluruhan realisasi sistem

Dari Skematik pada gambar 5.1 dapat dijelaskan bahwa setiap sensor dihubungkan dengan port-port sesuai dengan fungsinya, sensor gas *flamable* dihubungkan pada pin 97 arduino atau ADC 0, sensor karbon monoksida dihubungkan pada pin 96 arduino atau ADC 1, Sensor asap dihubungkan pada pin 3, sensor cahaya api dihubungkan pada pin 92 atau ADC 5, sensor suhu dihubungkan pada pin 93 atau ADC 4, kemudian output berupa buzzer dihubungkan pada pin 14. Kemudian skematik direalisasikan dalam bentuk sistem alarm sebenarnya yang disajikan pada gambar 5.2 berikut.



Gambar 5.2 (a) Hasil perancangan alat tampak atas (b) Hasil perancangan tampak samping

Pada realisasi sistem sensor dihubungkan menggunakan kabel yang panjang, hal ini dikarenakan agar bagian pemrosesan data dapat diletakkan lebih jauh dari sumber api agar mengurangi resiko terbakar.

5.1.2 Software (fuzzy)

Metode Tsukamoto merupakan perluasan dari penalaran monoton. Pada metode Tsukamoto, Setiap konsekuen pada aturan yang berbentuk IF-THEN harus dipresentasikan dengan suatu himpunan fuzzy dengan fungsi keanggotaan yang monoton. Dengan menggunakan metode Tsukamoto ada beberapa langkah yang ditempuh. Langkah-langkah tersebut adalah: mendefinisikan variabel fuzzy, inferensi, dan defuzifikasi (menentukan output crisp).

5.1.2.1 Definisi Variabel

5.1.2.1.1 Variabel Asap

Variabel asap terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu *Low*, *Mod* dan *High*. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* disusun sebagai berikut:

$$\mu_{LOW}[SMOKE] = \begin{cases} 1 & SMOKE \leq 0 \\ \frac{50.00 - SMOKE}{50.00 - 0} & 0.00 \leq SMOKE \leq 50.00 \\ 0 & SMOKE \geq 50.00 \end{cases}$$

$$\mu_{MOD} [SMOKE] = \begin{cases} \frac{SMOKE - 00.00}{50.00 - 00.00} & SMOKE \leq 0 \\ 1 & 0.00 \leq SMOKE \leq 50.00 \\ \frac{100.00 - SMOKE}{100.00 - 50.00} & SMOKE = 50.00 \\ 0 & 50.00 \leq SMOKE \leq 100.00 \\ & SMOKE \geq 70.00 \end{cases}$$

$$\mu_{HIGH} [SMOKE] = \begin{cases} 0 & SMOKE \leq 50.00 \\ \frac{SMOKE - 50.00}{100.00 - 50.00} & 50.00 \leq SMOKE \leq 100.00 \\ 1 & SMOKE \geq 100.00 \end{cases}$$

5.1.2.1.2 Variabel Karbon Monoksida

Variabel Karbon Monoksida terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu *Low*, *Mod* dan *High*. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* disusun sebagai berikut:

$$\mu_{LOW} [CARBON] = \begin{cases} 1 & CARBON \leq 0 \\ \frac{100.00 - CARBON}{100.00 - 0} & 0.00 \leq CARBON \leq 100.00 \\ 0 & CARBON \geq 100.00 \end{cases}$$

$$\mu_{MOD} [CARBON] = \begin{cases} 0 & CARBON \leq 0 \\ \frac{CARBON - 00.00}{100.00 - 00.00} & 0.00 \leq CARBON \leq 100.00 \\ 1 & CARBON = 100.00 \\ \frac{200.00 - CARBON}{200.00 - 100.00} & 100.00 \leq CARBON \leq 200.00 \\ 0 & CARBON \geq 200.00 \end{cases}$$

$$\mu_{HIGH} [CARBON] = \begin{cases} 0 & CARBON \leq 100.00 \\ \frac{CARBON - 100.00}{200.00 - 100.00} & 100.00 \leq CARBON \leq 200.00 \\ 1 & CARBON \geq 200.00 \end{cases}$$

5.1.2.1.3 Variabel Gas *Flamable*

Variabel Gas *Flamable* terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu *Low*, *Mod* dan *High*. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* disusun sebagai berikut:

$$\mu_{LOW} [FLAMEABLE] = \begin{cases} 1 & FLAMEABLE \leq 0 \\ \frac{50.00 - FLAMEABLE}{50.00 - 0} & 0.00 \leq FLAMEABLE \leq 50.00 \\ 0 & FLAMEABLE \geq 50.00 \end{cases}$$

$$\mu_{MOD} [FLAMEABLE] = \begin{cases} 0 & FLAMEABLE \leq 0 \\ \frac{FLAMEABLE - 00.00}{50.00 - 00.00} & 0.00 \leq FLAMEABLE \leq 50.00 \\ 1 & FLAMEABLE = 50.00 \\ \frac{100.00 - FLAMEABLE}{100.00 - 50.00} & 50.00 \leq FLAMEABLE \leq 100.00 \\ 0 & FLAMEABLE \geq 100.00 \end{cases}$$

$$\mu_{HIGH} [FLAMEABLE] = \begin{cases} 0 & FLAMEABLE \leq 50.00 \\ \frac{FLAMEABLE - 50.00}{100.00 - 50.00} & 50.00 \leq FLAMEABLE \leq 100.00 \\ 1 & FLAMEABLE \geq 100.00 \end{cases}$$

5.1.2.1.4 Variabel Cahaya Api

Variabel Cahaya Api terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu *Low*, *Mod* dan *High*. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* disusun sebagai berikut:

$$\mu_{LOW} [FLAME] = \begin{cases} 1 & FLAME \leq 0 \\ \frac{50.00 - FLAME}{50.00 - 0} & 0.00 \leq FLAME \leq 50.00 \\ 0 & FLAME \geq 50.00 \end{cases}$$

$$\mu_{MOD} [FLAME] = \begin{cases} 0 & FLAMEABLE \leq 0 \\ \frac{FLAME - 00.00}{50.00 - 00.00} & 0.00 \leq FLAME \leq 50.00 \\ 1 & FLAME = 50.00 \\ \frac{100.00 - FLAME}{100.00 - 50.00} & 50.00 \leq FLAME \leq 100.00 \\ 0 & FLAME \geq 100.00 \end{cases}$$

$$\mu_{HIGH} [FLAME] = \begin{cases} 0 & FLAME \leq 50.00 \\ \frac{FLAME - 50.00}{100.00 - 50.00} & 50.00 \leq FLAME \leq 100.00 \\ 1 & FLAME \geq 100.00 \end{cases}$$

5.1.2.1.5 Variabel Suhu

Variabel Suhu terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu *Low*, *Mod* dan *High*. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* disusun sebagai berikut:

$$\mu_{LOW} [TEMPERATUR] = \begin{cases} 1 & TEMPERATUR \leq 0 \\ \frac{100.00 - TEMPERATUR}{100.00 - 0} & 0.00 \leq TEMPERATUR \leq 100.00 \\ 0 & TEMPERATUR \geq 100.00 \end{cases}$$

$$\mu_{MOD} [TEMPERATUR] = \begin{cases} \frac{0}{100.00 - 00.00} & \text{TEMPERATUR} \leq 0 \\ \frac{1}{200.00 - 100.00} & 0.00 \leq \text{TEMPERATUR} \leq 100.00 \\ 0 & \text{TEMPERATUR} = 100.00 \\ & 100.00 \leq \text{TEMPERATUR} \leq 200.00 \\ & \text{TEMPERATUR} \geq 200.00 \end{cases}$$

$$\mu_{HIGH} [TEMPERATUR] = \begin{cases} \frac{0}{200.00 - 100.00} & \text{TEMPERATUR} \leq 100.00 \\ \frac{1}{200.00 - 100.00} & 100.00 \leq \text{TEMPERATUR} \leq 200.00 \\ & \text{TEMPERATUR} \geq 200.00 \end{cases}$$

5.1.2.1.6 Variabel Kondisi Udara

Variabel kondisi udara terdiri atas 3 himpunan fuzzy, yaitu *Low*, *Mod* dan *High*. Fungsi keanggotaan himpunan *Fuzzy* disusun sebagai berikut:

$$\mu_{LOW} [UDARA] = \begin{cases} \frac{1}{50.00 - UDARA} & \text{UDARA} \leq 0 \\ \frac{50.00 - UDARA}{50.00 - 0} & 0.00 \leq \text{UDARA} \leq 500.00 \\ 0 & \text{UDARA} \geq 50.00 \end{cases}$$

$$\mu_{MOD} [UDARA] = \begin{cases} \frac{0}{50.00 - 00.00} & \text{UDARA} \leq 0 \\ \frac{1}{100.00 - 50.00} & 0.00 \leq \text{UDARA} \leq 50.00 \\ \frac{100.00 - UDARA}{100.00 - 50.00} & \text{UDARA} = 50.00 \\ 0 & 50.00 \leq \text{UDARA} \leq 100.00 \\ & \text{UDARA} \geq 100.00 \end{cases}$$

$$\mu_{HIGH} [UDARA] = \begin{cases} \frac{0}{100.00 - 50.00} & \text{UDARA} \leq 50.00 \\ \frac{UDARA - 50.00}{100.00 - 50.00} & 50.00 \leq \text{UDARA} \leq 100.00 \\ 1 & \text{UDARA} \geq 100.00 \end{cases}$$

Setelah menyusun variabel keseluruhan himpunan *fuzzy* kemudian dituliskan dalam bentuk *Sketch* yang dimasukan ke dalam arduino mega. Seperti pada lampiran

5.1.2.2 Inferensi

Dari variabel diatas kemudian dilakukan inferensi fuzzy dalam bentuk aturan *atau rule base*. *Rule base* disebut juga aturan dasar merupakan cara untuk menentukan *keluaran* dari sistem inferensi yang terdiri dari 27 aturan *IF-THEN* pada level satu, karena dalam hal ini aturan tersebut memiliki 3 *fuzzy set input*. Pada level kedua memiliki 27 aturan *IF-THEN*, karena memiliki 3 *fuzzy set input* juga.

Aturan dibentuk untuk menyatakan relasi antara masukan dan keluaran, dimana setiap aturan merupakan suatu implikasi. Operator yang digunakan untuk menghubungkan antara

dua *input* adalah operator *AND* dan yang memetakan antara *input* dan *output* adalah *IF-THEN*. Proposisi yang mengikuti *IF* disebut anteseden, sedangkan proposi yang mengikuti *THEN* disebut konsekuen. Aturan dasar yang dibuat untuk mencapai tujuan mengenali sumber kebakaran atau bukan sebanyak 27 aturan terdiri dari dua level fuzzy, merupakan hasil hubungan dari tiga masukan yaitu *flamemable*, kadar Karbon Monoksida untuk menentukan kondisi udara. Kemudian dilanjutkan pada fuzzy level berikutnya yaitu kondisi udara akan menjadi masukan pada *fuzzy* level dua diolah bersama dengan dua variabel input yang lain untuk menentukan keluaran alarm kebakaran. Aturan dasar yang dibuat adalah sebagai berikut:

- 1) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Less* ***THEN*** kondisi udara *Is safe*
- 2) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Mod* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 3) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is High* ***THEN*** kondisi udara *Is normal danger*
- 4) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Less* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 5) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Mod* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 6) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is High* ***THEN*** kondisi udara *Is normal danger*
- 7) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is High* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Less* ***THEN*** kondisi udara *Is normal danger*
- 8) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is High* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Mod* ***THEN*** kondisi udara *Is normal danger*
- 9) ***IF*** Kadar asap *Is Low* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is High* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is High* ***THEN*** kondisi udara *Is danger*
- 10) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Less* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 11) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Mod* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 12) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is High* ***THEN*** kondisi udara *Is normal danger*
- 13) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Less* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 14) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Mod* ***THEN*** kondisi udara *Is normal safe*
- 15) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is High* ***THEN*** kondisi udara *Is danger*
- 16) ***IF*** Kadar asap *Is Mod* ***And*** Kadar Karbon Monoksida *Is High* ***And*** Kadar *flamable* gas *Is Less* ***THEN*** kondisi udara *Is normal danger*

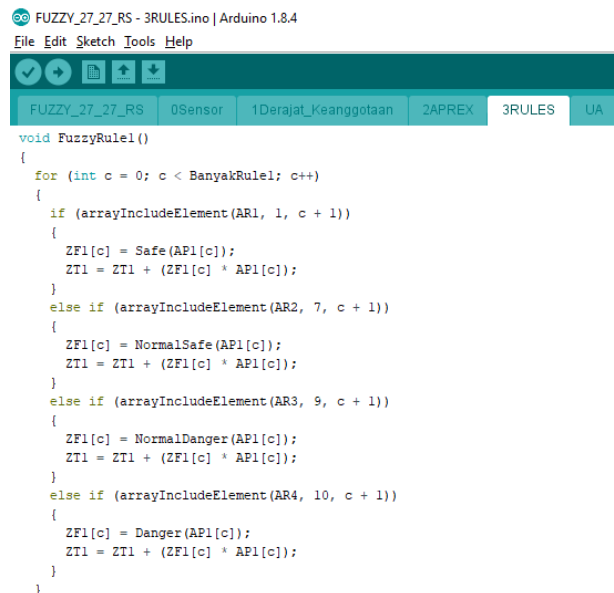
- 17) **IF** Kadar asap *Is Mod* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is High* **And** Kadar *flammable* gas *Is Mod* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 18) **IF** Kadar asap *Is Mod* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is High* **And** Kadar *flammable* gas *Is High* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 19) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* **And** Kadar *flammable* gas *Is Less* **THEN** kondisi udara *Is normal danger*
- 20) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* **And** Kadar *flammable* gas *Is Mod* **THEN** kondisi udara *Is normal danger*
- 21) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is Low* **And** Kadar *flammable* gas *Is High* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 22) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* **And** Kadar *flammable* gas *Is Less* **THEN** kondisi udara *Is normal danger*
- 23) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* **And** Kadar *flammable* gas *Is Mod* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 24) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is Mod* **And** Kadar *flammable* gas *Is High* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 25) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is High* **And** Kadar *flammable* gas *Is Less* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 26) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is High* **And** Kadar *flammable* gas *Is Mod* **THEN** kondisi udara *Is danger*
- 27) **IF** Kadar asap *Is High* **And** Kadar Karbon Monoksida *Is High* **And** Kadar *flammable* gas *Is High* **THEN** kondisi udara *Is danger*

Setelah aturan level kesatu terbentuk, maka langkah selanjutnya ialah menyusun aturan fuzzy level kedua sebagai berikut:

- 1) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is Low* **And** Cahaya api *Is Less* **THEN** Alarm *Is safe*
- 2) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is Low* **And** Cahaya api *Is Mod* **THEN** Alarm *Is normal safe*
- 3) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is Low* **And** Cahaya api *Is High* **THEN** Alarm *Is normal danger*
- 4) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is Mod* **And** Cahaya api *Is Less* **THEN** Alarm *Is normal safe*
- 5) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is Mod* **And** Cahaya api *Is Mod* **THEN** Alarm *Is normal safe*
- 6) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is Mod* **And** Cahaya api *Is High* **THEN** Alarm *Is normal danger*
- 7) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is High* **And** Cahaya api *Is Less* **THEN** Alarm *Is normal danger*
- 8) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is High* **And** Cahaya api *Is Mod* **THEN** Alarm *Is normal danger*
- 9) **IF** Kondisi udara *Is Low* **And** Temperature *Is High* **And** Cahaya api *Is High* **THEN** Alarm *Is danger*

- 10) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is Low And Cahaya api Is Less* **THEN**
Alarm Is normal safe
- 11) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is Low And Cahaya api Is Mod* **THEN**
Alarm Is normal safe
- 12) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is Low And Cahaya api Is High* **THEN**
Alarm Is normal danger
- 13) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is Mod And Cahaya api Is Less* **THEN**
Alarm Is normal safe
- 14) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is Mod And Cahaya api Is Mod* **THEN**
Alarm Is normal safe
- 15) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is Mod And Cahaya api Is High* **THEN**
Alarm Is danger
- 16) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is High And Cahaya api Is Less* **THEN**
Alarm Is normal danger
- 17) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is High And Cahaya api Is Mod* **THEN**
Alarm Is danger
- 18) **IF** *Kondisi udara Is Mod And Temperature Is High And Cahaya api Is High* **THEN**
Alarm Is danger
- 19) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is Low And Cahaya api Is Less* **THEN**
Alarm Is normal danger
- 20) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is Low And Cahaya api Is Mod* **THEN**
Alarm Is normal danger
- 21) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is Low And Cahaya api Is High* **THEN**
Alarm Is danger
- 22) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is Mod And Cahaya api Is Less* **THEN**
Alarm Is normal danger
- 23) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is Mod And Cahaya api Is Mod* **THEN**
Alarm Is danger
- 24) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is Mod And Cahaya api Is High* **THEN**
Alarm Is danger
- 25) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is High And Cahaya api Is Less* **THEN**
Alarm Is danger
- 26) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is High And Cahaya api Is Mod* **THEN**
Alarm Is danger
- 27) **IF** *Kondisi udara Is High And Temperature Is High And Cahaya api Is High* **THEN**
Alarm Is danger

Berikut adalah *rule base* yang ditulis dalam sketch arduino :



Gambar 5.3 Program *rule base* pada Arduino

Berdasarkan 4 aturan fuzzy di atas, maka ditentukan nilai α dan z untuk masing masing aturan. Langkah-langkah untuk mengkonversi empat aturan tersebut sehingga diperoleh nilai dari α dan z dari setiap aturan.

$$\alpha 1 = \min(SO [SMOKE], CO [CARBON], FL[FLAMABLE])$$

$$\alpha 2 = \min(UD [UDARA], TEM [TEMPERATUR], FLM[FLAME])$$

5.1.2.3 Defuzzifikasi

Langkah terakhir didalam metode Fuzzy Tsukamoto adalah mencari nilai output berupa nilai crisp (z) yang dikenal sebagai proses defuzzifikasi. Metode yang digunakan dalam proses ini adalah metode Center Average Defuzzifier.

$$Z = \frac{\sum \alpha p_i * z_i}{\alpha p_i}$$

Keterangan:

Z = defuzzifikasi rata-rata terpusat (hasil)

αp = nilai alpha predikat (nilai minimal dari derajat keanggotaan)

Z_i = nilai crisp yang didapat dari hasil inferensi (Restuputri et al., 2015)

I = jumlah aturan fuzzy

5.2 Pengambilan Data dan Pengujian *Hardware*

5.2.1 Pengujian Sensor suhu Lm35

Pengujian sensor suhu Lm35 bertujuan untuk mengetahui tingkat akurasi dan error dari data hasil pengukuran sensor suhu. Pengukuran dilakukan dengan membanding termometer dan sensor suhu Lm35 dengan perlakuan yang sama. Pengujian dilakukan dengan memberikan input sumber panas kepada sensor suhu dan termometer. Pengamatan suhu dengan sensor akan dikirim pada serial monitor arduino. hasil pengujian data disajikan pada tabel 5.1.

Tabel 5.1 *Hasil Pengujian Sensor Suhu*

No	Pembacaan Suhu		Keluaran Lm35 (v)
	Termometer (°C)	Lm35 (°C)	
1	28	28,23	0,283
2	33	32,97	0,329
3	35	35,29	0,353
4	38	38,03	0,382
5	40	40,00	0,4
6	43	43,13	0,431
7	46	46,27	0,462
8	50	50,19	0,501
9	54	54,18	0,541
10	55	55,17	0,552
11	56	56,17	0,562
12	60	60,56	0,606
13	63	63,36	0,634
14	66	66,16	0,662
15	70	68,96	0,690
16	72	71,77	0,718
17	74	74,57	0,746
18	77	77,37	0,774
19	80	80,17	0,802
20	82	82,98	0,830
21	85	85,78	0,858
22	88	88,58	0,886
23	91	91,38	0,914
24	94	94,19	0,942
25	96	96,99	0,970
25	100	99,79	0,998

Dari tabel dapat diketahui bahwa sensor dapat membaca suhu dengan baik dan memiliki error rata-rata 0,35%, sehingga sensor dapat digunakan dalam penelitian.

5.2.2 Pengujian Sensor Asap

Pengujian sensor asap Sharp gp2y1014au0f bertujuan untuk mengetahui pembacaan dari data hasil pengukuran sensor asap. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan sumber asap yang bervariasi kepada sensor asap. Pengamatan kadar asap direpresentasikan melalui pembacaan ADC kemudian dikirim pada serial monitor arduino . hasil pengujian data disajikan pada tabel 5.2.

Tabel 5.2 *Hasil Pengujian Sensor Asap*

No	Sumber Asap	keluaran
1	Lilin	350
2	Obat nyamuk	378
3	kompot	523
4	rokok	670
5	vapour	709
6	Kertas	729
7	Karpet	756
8	Kayu	797

5.2.3 Pengujian Sensor Gas Monoksida

Pengujian sensor Karbon Monoksida MQ-7 bertujuan untuk mengetahui pembacaan dari data hasil pengukuran sensor gas monoksida. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan sumber gas monoksida yang bervariasi kepada sensor. Pengamatan kadar gas direpresentasikan melalui pembacaan ADC kemudian dikirim pada serial monitor arduino dan dibandingkan dengan *carbon monoxide* meter. hasil pengujian data disajikan pada tabel 5.3.

Tabel 5.3 *Hasil Pengujian Sensor Gas Karbon Monoksida*

No	Sumber	ADC	Hasil pengukuran sensor (ppm)	Hasil pengukuran CO meter (ppm)
1	Lilin	267	320	330
2	rokok	310	372	375
3	kompot	280	336	318
4	vapour	349	418	425
5	Obat nyamuk	340	408	420
6	Kertas	519	662	653
7	Karpet	547	656	660
8	Kayu	496	595	610

5.2.4 Pengujian Sensor Gas *Flamable*

Pengujian sensor gas *flamable* MQ-6 bertujuan untuk mengetahui pembacaan dari data hasil pengukuran sensor suhu. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan sumber gas secara konstan pada ruangan. Pengamatan kadar gas direpresentasikan melalui

pembacaan ADC kemudian dikirim pada serial monitor arduino dan dibandingkan dengan alat ukur *Combustible Gas Detector A8800L*. hasil pengujian data disajikan pada tabel 5.4.

Tabel 5.4 *Hasil Pengujian Sensor Gas Flamable*

No	Waktu (menit)	ADC	Hasil Pengukuran Sensor (ppm)	Hasil Pengukuran alat ukur (ppm)
1	1	10	210	200
2	2	72	287	298
3	3	136	354	360
4	4	199	429	432
5	5	257	493	505
6	6	310	559	571
7	7	377	614	600
8	8	498	678	661
9	9	560	750	759
10	10	570	826	797

5.2.5 Pengujian Sensor Cahaya Api

Pengujian sensor cahaya api menggunakan *infrared* bertujuan untuk mengetahui pembacaan dari data hasil pengukuran sensor cahaya api tersebut. Pengujian dilakukan dengan memberikan masukan sumber cahaya api yang konstan dengan merubah jarak api dari sensor. Pengamatan besarnya cahaya api direpresentasikan melalui pembacaan ADC kemudian dikirim pada serial monitor arduino . hasil pengujian data disajikan pada tabel 5.5.

Tabel 5.5 *Hasil Pengujian Sensor Cahaya Api*

No	Jarak api (cm)	ADC
1	10	38
2	20	57
3	30	79
4	40	99
5	50	112
6	60	137
7	70	156
8	80	178

5.2.6 Kesimpulan Pengambilan Data

Setelah melakukan pengambilan data seluruh sensor dapat disimpulkan bahwa sensor yang direncanakan dapat digunakan sebagai pendeteksi fenomena kebakaran.

5.3 Implementasi dan Pengujian Sistem

Tahap implementasi sistem dilakukan dengan merangkai semua komponen sensor yang dibutuhkan, yaitu Sharp Gp2y1014au0f, Mq-6, Mq-7, Lm35, *Infrared*. Semua sensor dihubungkan sedemikian rupa menjadi masukan dari mikrokontroller arduino mega, kemudian pada bagian keluaran dihubungkan dengan buzzer. Setelah semua *hardware* terpasang kemudian dilakukan perancangan *fuzzy* dua level yang selanjutnya diprogram ke dalam arduino mega. Setelah keseluruhan *hardware* dan *software* terintegrasi, sistem alarm kemudian diimplementasikan didalam ruangan percobaan khusus dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m. Hasil Implementasi sistem disajikan pada gambar 5.5.



Gambar 5.4 Implementasi sistem

Sistem diuji coba dengan mengamati hasil pembacaan sensor asap, sensor gas karbon monoksida, sensor gas *flamable*, sensor suhu, sensor cahaya api yang telah diolah oleh algoritma fuzzy melalui komputer yang terhubung ke mikrokontroller dengan komunikasi serial. Sistem diujikan pada ruangan khusus dengan ukuran 3m x 3m X 2,5m. Pengamatan dilakukan ketika sistem diberikan masukan berupa kertas terbakar, kayu terbakar, karpet terbakar, obat nyamuk bakar, setrika, solder, lilin, rokok, kompor (memasak), kompor (terbakar), *hairdryer*, vapour. Pengujian kinerja fuzzy dilakukan dengan membandingkan fuzzy 2 level yang telah dikembangkan dengan *fuzzy* 1 level saja, kemudian sistem diamati secara langsung apakah sistem mampu membedakan semua sumber kebakaran maupun api yang bukan sumber kebakaran yang diujikan pada tempat percobaan. Contoh pengujian disajikan pada gambar 5.6.



Gambar 5.5 Pengujian sistem

Pengujian implementasi *fuzzy* dua level dapat dilihat dengan cara memberikan masukan sesuai dengan perencanaan, kemudian dilihat dan dianalisa hasil dari sistem tersebut. Hasil implementasi *fuzzy* dua level pada level pertama dapat dilihat pada tabel 5.6 berikut:

Tabel 5.6 Hasil Pengujian Kinerja Sistem

No	Sumber	Masukan			Keluaran
		Mq-6	Mq-7	SHARP GP2Y1014AU0F	Kondisi Udara
1	Setrika	250	13	350	49,46
2	Solder	260	11	367	51,03
3	hairdryer	250	10	356	48,97
4	Vapour	250	15	720	48,99
5	Lilin	265	20	360	55,01
6	rokok	300	25	670	55,48
7	obat nyamuk bakar	320	50	380	62,00
8	kompot (memasak)	300	75	525	63,48
9	kertas terbakar	525	30	739	62,89
10	kayu terbakar	510	40	802	79,00
11	Karpet terbakar	550	35	780	89,11

Hasil implementasi *fuzzy* level kedua disajikan pada tabel 5.7 berikut ini:

Tabel 5.7 Hasil Pengujian Kinerja Sistem

No	Sumber	Masukan			Keluaran
		Kondisi udara	Lm35	<i>infrared</i>	Alarm
1	Setrika	49,46	34	172	65,74
2	Solder	51,03	39	178	58,80
3	<i>hairdryer</i>	48,97	40	171	55,27
4	Vapour	48,99	34	170	53,43
5	Lilin	55,01	35	110	51,94
6	rokok	55,48	35	169	50,87
7	obat nyamuk bakar	62,00	36	157	79,48
8	kompot (memasak)	63,48	60	40	84,40
9	kertas terbakar	62,89	75	38	84,76
10	kayu terbakar	79,00	78	40	84,24
11	Karpet terbakar	89,11	75	32	84,63

Kinerja sistem keseluruhan pada penelitian ini dapat dilihat dari besarnya presentase error pengenalan pembacaan sumber kebakaran atau sumber api normal yang dibandingkan dengan hasil pembacaan alarm konvensional dan *fuzzy* satu level. Hasil pengujian kinerja sistem Alarm dapat dilihat pada Tabel 5.8 berikut:

Tabel 5.8 Hasil Pengujian Kinerja Sistem

No	Sumber	Konvensional	<i>Fuzzy</i> 1 level	<i>Fuzzy</i> 2 level
1	Setrika	Alarm mati	Alarm mati	Alarm mati
2	Solder	Alarm menyala	Alarm mati	Alarm mati
3	<i>hairdryer</i>	Alarm mati	Alarm mati	Alarm mati
4	Vapour	Alarm menyala	Alarm mati	Alarm mati
5	Lilin	Alarm menyala	Alarm menyala	Alarm mati
6	rokok	Alarm menyala	Alarm mati	Alarm mati
7	obat nyamuk bakar	Alarm menyala	Alarm menyala	Alarm menyala
8	kompot (memasak)	Alarm menyala	Alarm menyala	Alarm menyala
9	kertas terbakar	Alarm menyala	Alarm menyala	Alarm menyala
10	kayu terbakar	Alarm menyala	Alarm menyala	Alarm menyala
11	Karpet terbakar	Alarm menyala	Alarm menyala	Alarm menyala

Dari tabel dapat diketahui bahwa alarm konvensional mempunyai kesalahan yang sangat besar dalam mengenali sumber kebakaran dari 10 sumber yang diujicobakan hanya 40% yang memiliki pembacaan tepat hal ini dikarenakan setiap alarm kebakaran konvensional mendeteksi asap langsung akan menyala. Pada alarm yang menggunakan *fuzzy* 1 level

mempunyai keakuratan sebesar 70% hal ini disebabkan karena menyusun rule base yang sangat banyak yaitu 234 aturan sehingga mempengaruhi kinerja dari *fuzzy* yang dibuat. Pada alarm *fuzzy* dua level mempunyai keakuratan sebesar 80% hal ini disebabkan karena pada saat mendeteksi objek obat nyamuk bakar dan kompor saat memasak mempunyai keluaran sistem mendekati dengan kebakaran sehingga dikenali sebagai kebakaran.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Penelitian ini mendapat kesimpulan bahwa dengan menggunakan lima buah sensor lebih representatif dalam pembacaan sumber kebakaran dibandingkan alarm konvensional. sensor MQ-7, sensor MQ-6, sharp GP2Y1014AU0F, cahaya api menggunakan sensor *infrared*, dan suhu menggunakan sensor LM35 yang digunakan berhasil untuk mengurangi tingkat kesalahan pembacaan dan alarm kebakaran palsu.

Fuzzy dua level pada penelitian ini dapat mengurangi kompleksitas algoritma *fuzzy* dibandingkan dengan *fuzzy* 1 level hal ini dapat dilihat dari banyaknya *rule base* dari masing-masing *fuzzy*. *Fuzzy* 1 level membutuhkan 234 *rule base* sedangkan *fuzzy* 2 level hanya 54 *rule base*.

Algoritma *fuzzy* dua level pada alarm kebakaran dengan multisensor mempunyai algoritma *fuzzy* yang sederhana namun tetap mampu mengurangi kesalahan pembacaan alarm kebakaran palsu. Keberhasilan pembacaan mencapai 80% hasil ini merupakan hasil paling baik dibanding dengan sistem alarm *fuzzy* 1 level yang hanya mencapai 70% dan alarm konvensional hanya mencapai 40%.

6.2 Saran

Penggunaan sensor yang mempunyai range lebih luas dapat digunakan sebagai pengembangan selanjutnya. Pada *fuzzy* 2 level dapat dilakukan penelitian lain dengan skema bervariasi. Pada sistem alarm dapat dikembangkan menggunakan *fuzzy* dengan interferensi yang lain misalnya sugeno atau mamdani.

Halaman ini sengaja dibiarkan kosong

DAFTAR PUSTAKA

- Brushlinsky, NN; M.Ahrens; S.V.sokolov; P.Wagner, 2017. *World Fire Statistics. Center of Fire Statistics of CTIF.*
- County durham and Darlington fire and rescue servise, 2008. Melalui <https://www.ddfire.gov.uk/false-alarms-and-unwanted-fire-signals> [13/06/2018]
- Dewan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Nasional (DK3N), 2000. Pedoman Praktis Manajemen Kebakaran. Jakarta
- Francisko, Riski, 2018. Piala Dunia 2018: Sebelum Lawan Inggris, Skuat Swedia Diusir dari Hotel?. melalui <https://www.indosport.com/sepakbola/20180709/piala-dunia-2018-skuat-swedia-dipaksa-tinggalkan-hotel> [13/06/2018]
- https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/gp2y1010au_e.pdf
- <https://firealarmresources.com/wp-content/uploads/2018/06/projected-beam-smoke-detectors.pdf>
- Jimeneza, Garcia Santiago dan Jurioa, Aranzazu dan Pagolaa, Miguel dan De Miguela, Laura dan Barrenecheaa, Edurne dan Bustince, Humberto, 2017. Forest fire detection: A fuzzy system approach based on overlap indices. *Applied Soft Computing*, 52, 834-842.
- Jones, T. A., and P. T. Walsh, 1988. "Flammable gas detection." *Platinum Metals Review* 32.2: 50-60.
- Jovanović, Uglješa Z., 2013. *Low-cost wireless dust monitoring system. In: 2013 11th International Conference on Telecommunications in Modern Satellite, Cable and Broadcasting Services (TELSIKS). IEEE, 2013. p. 635-638.*
- KepMenNaker No.186 thn 1999 Tentang Unit Penanggulangan Kebakaran Di Tempat Kerja
- Kusumadewi, S., Purnomo, H, 2010. "Aplikasi Logika Fuzzy untuk Pendukung Keputusan". Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Lei, Yuan-Jin, 1993. "Sensors for Toxic Gas Detection." *Platinum Metals Review* 37.3: 146-150.
- L.Goetsch D, 2005. Occupational Health and Safety. 1st Edision Canada: Pearson Education Canada.
- Louis, Leo, 2016. *Working Principle Of Arduino And U Sing It, International Journal of Control, Automation, Communication and Systems (IJCACS)* 1.2: 21-29.

- LIU, Cuihong, et al, 2011. *The application of soil temperature measurement by LM35 temperature sensors*. In: *Proceedings of 2011 International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology*. IEEE,. p. 1825-1828.
- NFPA, 2015. *First Revision No. 18-NFPA 921-2015, National Fire Protection Association Report*, Melalui <https://www.nfpa.org/Public-Education/By-topic/Smoke-alarms/Ionization-vs-photoelectric> [20/07/2018]
- , 2000. Fire Prevention code One Battreymarch Park, Quincy, Massachusetts, 2000.
- Oktozizal, A., 2010, Studi Snsor Gas Berbasis Surface Acoustic Wave Untuk Penerapan pada Sistem Identifikasi Gas, Universitas Andalas, Padang.
- Siswoyo 2017. *Evaluasi Sistem Proteksi Kebakaran Aktif dan Sarana Penyelamatan Jiwa Di Gedung Fakultas Hukum Universitas Indonesia Tahun 2007*, Skripsi Program Sarjana Kesehatan Masyarakat Peminatan Keselamatan dan Kesehatan Kerja Fakultas Kesehatan Masyarakat Universitas Indonesia, Depok.
- Ramli, Soehatman, 2005. *Sistem Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja OHSAS 18001*. Jakarta : Dian Rakyat.
- Suharjono, Amin dan Rahayu, Listya Nurina dan AFWAH, Roudlotul, 2016. *Aplikasi Sensor Flow Water Untuk Mengukur Penggunaan Air Pelanggan Secara Digital Serta Pengiriman Data Secara Otomatis Pada PDAM Kota Semarang*. TELE, 13.1.
- Suma'mur, P. K. 1989. *Keselamatan Kerja dan Pencegahan Kecelakaan*. Jakarta: Cetakan Keempat CV. Haji Mas Agung
- Triyono, Agus. 2001. "Teknik Penanggulangan Bahaya Kebakaran Di Perusahaan". *Majalah Hiperkes dan Keselamatan Kerja*. Vol. XXXIV (3): hal. 34 – 53
- Xiangdong, H., & Xue, W, 2012. Application of *fuzzy* data fusion in multi-sensor fire monitoring. In 2012 International Symposium on Instrumentation & Measurement, Sensor Network and Automation (IMSNA) (Vol. 1, pp. 157-159). IEEE.
- Zhang, D., Ma, X., & Chang, A, 2011. Design of Gas fire-extinguishing control panel based on multi-sensor information fusion. In 2011 International Conference on Multimedia Technology (pp. 6299-6302). IEEE.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Sketch Program Arduino

```
unsigned long current, last;
//=====
=
=====
int SMOKE, CARBON, FLAMEABLE, TEMPERATUR, FLAME;
float UDARA, BAHAYA;
int BanyakRule1 = 27;
int BanyakRule2 = 27;
float AP1[27], AP2[27];
float AT1, AT2;
float ZF1[27], ZF2[27];
float ZT1, ZT2;
float SO[3], CO[3], FL[3];
float FLM[3], TE[3], UD[3];
int AR1[20] = {1}; //udara baik //safe
int AR2[20] = {2, 4, 5, 10, 11, 13, 14}; //udara normal baik
//normal safe
int AR3[20] = {3, 6, 7, 8, 12, 16, 19, 20, 22}; //udara normal
buruk //normal danger
int AR4[20] = {9, 15, 17, 18, 21, 23, 24, 25, 26, 27};
//buruk // danger
//=====
=
=====
float MQ6;
float MQ7;
float MQ135;
int NilaiAPI;
int analogPin = A4;
float suhu = 00;
int suhu1 = 00;
int pinSensor = A5;
int pinBuzzer = 14;
int measurePin = A3;
int ledPower = 7;
unsigned int samplingTime = 280;
unsigned int deltaTime = 40;
unsigned int sleepTime = 9680;
```

```

float voMeasured = 0;
float calcVoltage = 0;
float dustDensity = 0;
//=====
=
=====
void setup()
{
  Serial.begin(115200);
  pinMode(12, OUTPUT);
  pinMode(13, OUTPUT);
  pinMode(11, OUTPUT);
  digitalWrite(12, HIGH);
  digitalWrite(13, HIGH);
  digitalWrite(11, HIGH);
  pinMode(pinSensor, INPUT);
  pinMode(pinBuzzer, OUTPUT);
  pinMode(ledPower, OUTPUT);
}
void loop()
{
  current = millis();
  if (current - last >= 5000)
  {
    last = current;
    Sensor();
    Calibration();
    Anggotal();
    Apredikat1();
    FuzzyRule1();
    Serial.print("FUZZY UDARA :");
    UDARA = ZT1 / AT1;
    Serial.println(UDARA);
    anggota2();
    Apredikat2();
    FuzzyRule2();
    Serial.print("FUZZY BAHAYA :");
    BAHAYA = ZT2 / AT2;
    Serial.println(BAHAYA);
    if (BAHAYA>70)
    {
      digitalWrite(14, HIGH);
    }
  }
}

void Sensor()
{
  float MQ6;
  float MQ7;
  float MQ135;

```



```

MQ6 = analogRead(A1);
MQ7 = analogRead(A0);
MQ135 = analogRead(A2);
suhu1 = analogRead(analogPin);
suhu = suhu1 / 2.0479;
Serial.print("MQ6 =");
Serial.print(MQ6);
Serial.print("\t");
Serial.print("MQ7 = ");
Serial.print(MQ7);
Serial.print("\t");
Serial.print("MQ135 = ");
Serial.print(MQ135);
Serial.print("\t");
Serial.print("suhu = ");
Serial.print(suhu);
Serial.print("\t");
NilaiAPI = analogRead(pinSensor);
Serial.print("Sensor Api: ");
Serial.println(NilaiAPI);
digitalWrite(ledPower, LOW);
delayMicroseconds(samplingTime);
voMeasured = analogRead(measurePin);
delayMicroseconds(deltaTime);
digitalWrite(ledPower, HIGH);
delayMicroseconds(sleepTime);
calcVoltage = voMeasured * (5.0 / 1024);
dustDensity = 0.17 * calcVoltage - 0.1;
if ( dustDensity < 0)
{
dustDensity = 0.00;
}
Serial.print("Signal");
Serial.print(voMeasured);
Serial.print(" Voltage:");
Serial.print(calcVoltage);
Serial.print(" Dust Density:");
Serial.println(dustDensity);
Serial.println(" ");
}
void Calibration()
{
SMOKE = dustDensity * 10;
CARBON = map (MQ6, 250, 600, 0, 200);
FLAMEABLE = map (MQ135, 10 , 600, 0, 100);
TEMPERATUR = map (suhu, 0, 100, 0, 200);
FLAME = map(NilaiAPI, 1023, 0, 0, 100);
}

void Anggotal()
{

```

```

//SO[1-1]
if (SMOKE <= 0)
SO[1 - 1] = 1;
else if (SMOKE >= 0.00 && SMOKE < 50.00)
SO[1 - 1] = (50.00 - SMOKE) / (50.00 - 0);
else if (SMOKE >= 50.00)
SO[1 - 1] = 0;
//SO[2-1]
if (SMOKE <= 0.00)
SO[2 - 1] = 0;
else if (SMOKE >= 00.00 && SMOKE <= 50.00)
SO[2 - 1] = (SMOKE - 00.00) / (50.00 - 00.00);
else if (SMOKE == 50.00)
SO[2 - 1] = 1;
else if (SMOKE >= 50.00 && SMOKE <= 100.00)
SO[2 - 1] = (100.00 - SMOKE) / (100.00 - 50.00);
else if (SMOKE >= 70.00)
SO[2 - 1] = 0;
//SO[3-1]
if (SMOKE <= 50.00)
SO[3 - 1] = 0;
else if (SMOKE >= 50.00 && SMOKE <= 100.00)
SO[3 - 1] = (SMOKE - 50.00) / (100.00 - 50.00);
else if (SMOKE >= 100.00)
SO[3 - 1] = 1;
//CO[1-1]
if (CARBON <= 0)
CO[1 - 1] = 1;
else if (CARBON >= 0.00 && CARBON < 100.00)
CO[1 - 1] = (100.00 - CARBON) / (100.00 - 0);
else if (CARBON >= 100.00)
CO[1 - 1] = 0;
//CO[2-1]
if (CARBON <= 0)
CO[2 - 1] = 0;
else if (CARBON >= 00.00 && CARBON <= 100.00)
CO[2 - 1] = (CARBON - 00.00) / (100.00 - 00.00);
else if (CARBON == 100.00)
CO[2 - 1] = 1;
else if (CARBON >= 100.00 && CARBON <= 200.00)
CO[2 - 1] = (200.00 - CARBON) / (200.00 - 100.00);
else if (CARBON >= 200.00)
CO[2 - 1] = 0;
//CO[3-1]
if (CARBON <= 100.00)
CO[3 - 1] = 0;
else if (CARBON >= 100.00 && CARBON <= 200.00)
CO[3 - 1] = (CARBON - 100.00) / (200.00 - 100.00);
else if (CARBON >= 200.00)
CO[3 - 1] = 1;
//FL[1-1]

```

```

if (FLAMEABLE <= 0)
FL[1 - 1] = 1;
else if (FLAMEABLE >= 0.00 && FLAMEABLE < 50.00)
FL[1 - 1] = (50.00 - FLAMEABLE) / (50.00 - 0);
else if (FLAMEABLE >= 50.00)
FL[1 - 1] = 0;
//FL[2-1]
if (FLAMEABLE <= 0)
FL[2 - 1] = 0;
else if (FLAMEABLE >= 0.00 && FLAMEABLE <= 50.00)
FL[2 - 1] = (FLAMEABLE - 0.00) / (50.00 - 0.00);
else if (FLAMEABLE == 50.00)
FL[2 - 1] = 1;
else if (FLAMEABLE >= 50.00 && FLAMEABLE <= 100.00)
FL[2 - 1] = (100.00 - FLAMEABLE) / (100.00 - 50.00);
else if (FLAMEABLE >= 100.00)
FL[2 - 1] = 0;
//FL[3-1]
if (FLAMEABLE <= 50)
FL[3 - 1] = 0;
else if (FLAMEABLE >= 50.00 && FLAMEABLE <= 100.00)
FL[3 - 1] = (FLAMEABLE - 50.00) / (100.00 - 50.00);
else if (FLAMEABLE >= 100)
FL[3 - 1] = 1;
//=====
=
====
Serial.print("SO ");
Serial.print(SO[1 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(SO[2 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(SO[3 - 1]);
Serial.println(" ");
Serial.print("CO ");
Serial.print(CO[1 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(CO[2 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(CO[3 - 1]);
Serial.println(" ");
Serial.print("FL ");
Serial.print(FL[1 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(FL[2 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(FL[3 - 1]);
Serial.println(" ");
}
void anggota2()
{

```

```

//FLM[1-1]
if (FLAME <= 0)
FLM[1 - 1] = 1;
else if (FLAME >= 0.00 && FLAME < 50.00)
FLM[1 - 1] = (50.00 - FLAME) / (50.00 - 0);
else if (FLAME >= 50.00)
FLM[1 - 1] = 0;
//FLM[2-1]
if (FLAME <= 0.00)
FLM[2 - 1] = 0;
else if (FLAME >= 0.00 && FLAME <= 50.00)
FLM[2 - 1] = (FLAME - 0.00) / (50.00 - 0.00);
else if (FLAME == 50.00)
FLM[2 - 1] = 1;
else if (FLAME >= 50.00 && FLAME <= 100.00)
FLM[2 - 1] = (100.00 - FLAME) / (100.00 - 50.00);
else if (FLAME >= 100.00)
FLM[2 - 1] = 0;
//FLM[3-1]
if (FLAME <= 50.00)
FLM[3 - 1] = 0;
else if (FLAME >= 50.00 && FLAME <= 100.00)
FLM[3 - 1] = (FLAME - 50.00) / (100.00 - 50.00);
else if (FLAME >= 100.00)
FLM[3 - 1] = 1;
//TE[1-1]
if (TEMPERATUR <= 0)
TE[1 - 1] = 1;
else if (TEMPERATUR >= 0.00 && TEMPERATUR < 100.00)
TE[1 - 1] = (100.00 - TEMPERATUR) / (100.00 - 0);
else if (TEMPERATUR >= 100.00)
TE[1 - 1] = 0;
//TE[2-1]
if (TEMPERATUR <= 0)
TE[2 - 1] = 0;
else if (TEMPERATUR >= 0.00 && TEMPERATUR <= 100.00)
TE[2 - 1] = (TEMPERATUR - 0.00) / (100.00 - 0.00);
else if (TEMPERATUR == 100.00)
TE[2 - 1] = 1;
else if (TEMPERATUR >= 100.00 && TEMPERATUR <= 200.00)
TE[2 - 1] = (200.00 - TEMPERATUR) / (200.00 - 100.00);
else if (TEMPERATUR >= 200.00)
TE[2 - 1] = 0;
//TE[3-1]
if (TEMPERATUR <= 100.00)
TE[3 - 1] = 0;
else if (TEMPERATUR >= 100.00 && TEMPERATUR <= 200.00)
TE[3 - 1] = (TEMPERATUR - 100.00) / (200.00 - 100.00);
else if (TEMPERATUR >= 200.00)
TE[3 - 1] = 1;
//UD[1-1]

```

```

if (UDARA <= 0)
UD[1 - 1] = 1;
else if (UDARA >= 0.00 && UDARA < 50.00)
UD[1 - 1] = (50.00 - UDARA) / (50.00 - 0);
else if (UDARA >= 50.00)
UD[1 - 1] = 0;
// UD[2 - 1]
if (UDARA <= 0)
UD[2 - 1] = 0;
else if (UDARA >= 0.00 && UDARA <= 50.00)
UD[2 - 1] = (UDARA - 0.00) / (50.00 - 0.00);
else if (UDARA == 50.00)
UD[2 - 1] = 1;
else if (UDARA >= 50.00 && UDARA <= 100.00)
UD[2 - 1] = (100.00 - UDARA) / (100.00 - 50.00);
else if (UDARA >= 100.00)
UD[2 - 1] = 0;
//UD[3 - 1]
if (UDARA <= 50)
UD[3 - 1] = 0;
else if (UDARA >= 50.00 && UDARA <= 100.00)
UD[3 - 1] = (UDARA - 50.00) / (100.00 - 50.00);
else if (UDARA >= 100)
UD[3 - 1] = 1;
Serial.print("FLM ");
Serial.print(FLM[1 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(FLM[2 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(FLM[3 - 1]);
Serial.println(" ");
Serial.print("TE ");
Serial.print(TE[1 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(TE[2 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(TE[3 - 1]);
Serial.println(" ");
Serial.print("UD ");
Serial.print(UD[1 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(UD[2 - 1]);
Serial.print(" ");
Serial.print(UD[3 - 1]);
Serial.println(" ");
}

void Apredikat1()
{
int k = 1, j = 1, i = 1;
for (int c = 0; c < BanyakRule1; c++)

```

```

{
float Wadah;
Wadah = min(SO[k - 1], CO[j - 1]);
AP1[c] = min(Wadah, FL[i - 1]);
AT1 = AT1 + AP1[c];
i = i + 1;
if (i > 3)
{
i = 1;
j = j + 1;
}
if (j > 3)
{
j = 1;
k = k + 1;
}
if (k > 3)
{
break;
}
}
Serial.
println("=====AAAAAA1111111=====
=
=====");
printArray(AP1, 27);
}
void Apredikat2()
{
int k = 1, j = 1, i = 1;
for (int c = 0; c < BanyakRule1; c++)
{
float Wadah;
Wadah = min(UD[k - 1], FLM[j - 1]);
AP2[c] = min(Wadah, TE[i - 1]);
AT2 = AT2 + AP2[c];
i = i + 1;
if (i > 3)
{
i = 1;
j = j + 1;
}
if (j > 3)
{
j = 1;
k = k + 1;
}
if (k > 3)
{
break;
}
}

```

```

}
Serial.
println("=====AAAAAA222222222222=
=
=====");
printArray(AP2, 27);
}

void FuzzyRule1()
{
for (int c = 0; c < BanyakRule1; c++)
{
if (arrayIncludeElement(AR1, 1, c + 1))
{
ZF1[c] = Safe(AP1[c]);
ZT1 = ZT1 + (ZF1[c] * AP1[c]);
}
else if (arrayIncludeElement(AR2, 7, c + 1))
{
ZF1[c] = NormalSafe(AP1[c]);
ZT1 = ZT1 + (ZF1[c] * AP1[c]);
}
else if (arrayIncludeElement(AR3, 9, c + 1))
{
ZF1[c] = NormalDanger(AP1[c]);
ZT1 = ZT1 + (ZF1[c] * AP1[c]);
}
else if (arrayIncludeElement(AR4, 10, c + 1))
{
ZF1[c] = Danger(AP1[c]);
ZT1 = ZT1 + (ZF1[c] * AP1[c]);
}
}
}
Serial.
println("=====ZZZZZ11111=====
=
=====");
printArray(ZF1, 27);
}
//=====
=
=====
float Safe(float u)
{
float Aprex = 50 - (u * 50.00);
return Aprex;
}
float NormalSafe(float u)
{
float Aprex = 0 + (u * 50.00);
return Aprex;
}

```

```

}
float NormalDanger(float u)
{
float Aprex = 100 - (u * 50.00);
return Aprex;
}
float Danger(float u)
{
float Aprex = 50 + (u * 50.00);
return Aprex;
}
//=====
=
=====
void FuzzyRule2()
{
for (int c = 0; c < BanyakRule2; c++)
{
if (arrayIncludeElement(AR1, 1, c + 1))
{
ZF2[c] = Safe(AP2[c]);
ZT2 = ZT2 + (ZF2[c] * AP2[c]);
}
else if (arrayIncludeElement(AR2, 7, c + 1))
{
ZF2[c] = NormalSafe(AP2[c]);
ZT2 = ZT2 + (ZF2[c] * AP2[c]);
}
else if (arrayIncludeElement(AR3, 9, c + 1))
{
ZF2[c] = NormalDanger(AP2[c]);
ZT2 = ZT2 + (ZF2[c] * AP2[c]);
}
else if (arrayIncludeElement(AR4, 10, c + 1))
{
ZF2[c] = Danger(AP2[c]);
ZT2 = ZT2 + (ZF2[c] * AP2[c]);
}
}
Serial.
println("=====ZZZZZ222222=====
=
=====");
printArray(ZF2, 27);
}

void Zero (int array[])
{
for (int i = 0; i < 20; i++)
{
array[i] = 250;

```



```

}
}
void printArray(float Array[], int loop)
{
    int k = 1, j = 1, i = 1;
    for (int c = 0; c < loop; c++)
    {
        i = i + 1;
        Serial.print(Array[c]);
        Serial.print("\t");
        if (i > 3)
        {
            i = 1;
            j = j + 1;
            Serial.print(" ||\t");
        }
        if (j > 3)
        {
            j = 1;
            k = k + 1;
            Serial.println();
        }
        if (k > 3)
        {
            break;
        }
    }
    Serial.println();
}

boolean arrayIncludeElement(int Array[], int loop, int
element)
{
    for (int i = 0; i < loop; i++)
    {
        if (Array[i] == element)
        {
            return true;
        }
    }
    return false;
}

```


Lampiran 2. Rule Fuzzy 1 level

asap	co	suhu	cahaya api	gas flamable	output
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	<i>safe</i>
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	<i>no</i>
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>no</i>
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>no</i>
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger

asap	co	suhu	cahaya api	gas flamable	output
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Low</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger

asap	co	suhu	cahaya api	gas flamable	output
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	<i>no</i>
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>no</i>
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>no</i>
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger

asap	co	suhu	cahaya api	gas flamable	output
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	<i>no</i>
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>no</i>
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>no</i>
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>Mod</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>no</i>

asap	co	suhu	cahaya api	gas flamable	output
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal safe
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	danger

asap	co	suhu	cahaya api	gas flamable	output
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>no</i>
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Less</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>Mod</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Low</i>	<i>High</i>	normal danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Less</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	<i>High</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Less</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>Mod</i>	danger
<i>high</i>	<i>high</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	<i>High</i>	danger

Lampiran 3. Data Sheet MQ-6

HANWEI SENSORS

MQ-6

www.hwsensor.com

TECHNICAL DATA

MQ-6 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to LPG, iso-butane, propane
- * Small sensitivity to alcohol, smoke.
- * Fast response . * Stable and long life * Simple drive circuit

APPLICATION

They are used in gas leakage detecting equipments in family and industry, are suitable for detecting of LPG, iso-butane, propane, LNG, avoid the noise of alcohol and cooking fumes and cigarette smoke.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
V_c	Circuit voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
V_H	Heating voltage	$5V \pm 0.1$	AC OR DC
P_L	Load resistance	$20K \Omega$	
R_H	Heater resistance	$33 \Omega \pm 5\%$	Room Tem
P_H	Heating consumption	less than 750mw	

B. Environment condition

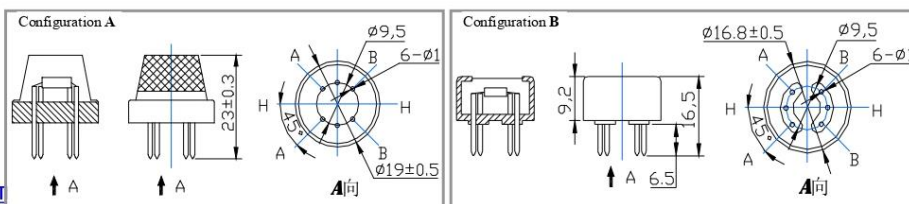
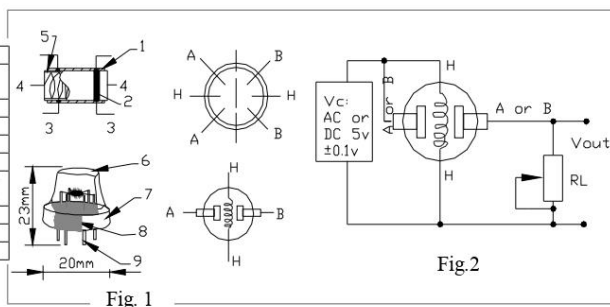
Symbol	Parameter name	Technical condition	Remarks
T_{ao}	Using Tem	$-10^\circ C - 50^\circ C$	
T_{as}	Storage Tem	$-20^\circ C - 70^\circ C$	
R_H	Related humidity	less than 95%Rh	
O_2	Oxygen concentration	21%(standard condition)Oxygen concentration can affect sensitivity	minimum value is over 2%

C. Sensitivity characteristic

Symbol	Parameter name	Technical parameter	Remarks
Rs	Sensing Resistance	10K Ω - 60K Ω (1000ppm LPG)	Detecting concentration scope: 200-10000ppm LPG , iso-butane, propane, LNG
α (1000ppm/ 4000ppm LPG)	Concentration slope rate	≤0.6	
Standard detecting condition	Temp: 20℃ ± 2℃ Humidity: 65%±5%	Vc:5V±0.1 Vh: 5V±0.1	
Preheat time	Over 24 hour		

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO_2
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al_2O_3
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni



Structure and configuration of MQ-6 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro Al_2O_3 ceramic tube, Tin Dioxide (SnO_2) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-6 have 6 pin, 4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

Fig.2 sensitivity characteristics of the MQ-6

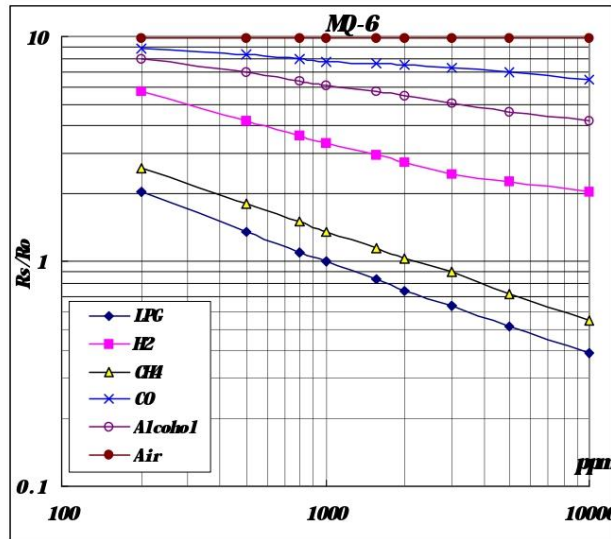


Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-6 for several gases.

in their: Temp: 20 °C ,
Humidity: 65% ,
O₂ concentration 21%
RL=20k Ω

Ro: sensor resistance at 1000ppm of LPG in the clean air.

Rs:sensor resistance at various concentrations of gases.

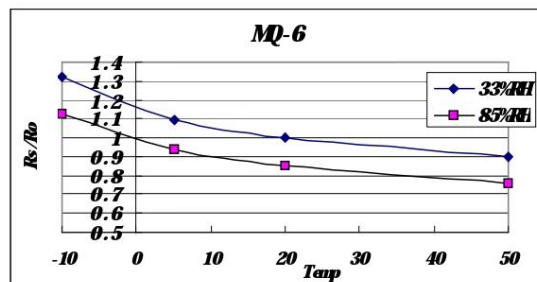


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-6 on temperature and humidity.

Ro: sensor resistance at 1000ppm of LPG in air at 33%RH and 20 degree.

Rs: sensor resistance at 1000ppm of LPG in air at different temperatures and humidities.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-6 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 1000ppm of LPG concentration in air and use value of Load resistance (R_L) about 20K Ω (10K Ω to 47K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence.

Lampiran 4. Data sheet Sensor Mq-7

HANWEI ELECTRONICS CO., LTD

MQ-7

<http://www.hwsensor.com>

TECHNICAL DATA

MQ-7 GAS SENSOR

FEATURES

- * High sensitivity to carbon monoxide
- * Stable and long life

APPLICATION

They are used in gas detecting equipment for carbon monoxide(CO) in family and industry or car.

SPECIFICATIONS

A. Standard work condition

Symbol	Parameter name	Technical condition	Remark
Vc	circuit voltage	5V \pm 0.1	Ac or Dc
VH (H)	Heating voltage (high)	5V \pm 0.1	Ac or Dc
VH (L)	Heating voltage (low)	1.4V \pm 0.1	Ac or Dc
RL	Load resistance	Can adjust	
RH	Heating resistance	33 Ω \pm 5%	Room temperature
TH (H)	Heating time (high)	60 \pm 1 seconds	
TH (L)	Heating time (low)	90 \pm 1 seconds	
PH	Heating consumption	About 350mW	

b. Environment conditions

Symbol	Parameters	Technical conditions	Remark
Tao	Using temperature	-20 $^{\circ}$ C-50 $^{\circ}$ C	
Tas	Storage temperature	-20 $^{\circ}$ C-50 $^{\circ}$ C	Advice using scope
RH	Relative humidity	Less than 95%RH	
O ₂	Oxygen concentration	21%(stand condition) the oxygen concentration can affect the sensitivity characteristic	Minimum value is over 2%

c. Sensitivity characteristic

symbol	Parameters	Technical parameters	Remark
Rs	Surface resistance Of sensitive body	2-20k	In 100ppm Carbon Monoxide
a (300/100ppm)	Concentration slope rate	Less than 0.5	Rs (300ppm)/Rs(100ppm)
Standard working condition	Temperature -20 $^{\circ}$ C \pm 2 $^{\circ}$ C	relative humidity 65% \pm 5%	RL:10K Ω \pm 5%
	Vc:5V \pm 0.1V	VH:5V \pm 0.1V	VH:1.4V \pm 0.1V
Preheat time	No less than 48 hours	Detecting range: 20ppm-2000ppm carbon monoxide	

D. Structure and configuration, basic measuring circuit

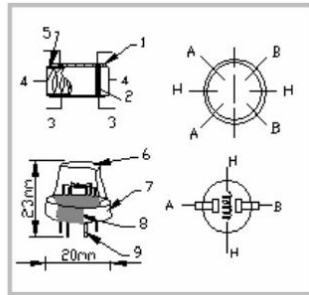
Structure and configuration of MQ-7 gas sensor is shown as Fig. 1 (Configuration A or B), sensor composed by micro AL₂O₃ ceramic tube, Tin Dioxide (SnO₂) sensitive layer, measuring electrode and heater are fixed into a crust made by plastic and stainless steel net. The heater provides necessary work conditions for work of sensitive components. The enveloped MQ-7 have

TEL:86-371-67169070 67169080

FAX:86-371-67169090

Email: sales@hwsensor.com

6 pin ,4 of them are used to fetch signals, and other 2 are used for providing heating current.



Parts	Materials
1 Gas sensing layer	SnO ₂
2 Electrode	Au
3 Electrode line	Pt
4 Heater coil	Ni-Cr alloy
5 Tubular ceramic	Al ₂ O ₃
6 Anti-explosion network	Stainless steel gauze (SUS316 100-mesh)
7 Clamp ring	Copper plating Ni
8 Resin base	Bakelite
9 Tube Pin	Copper plating Ni

Fig.1

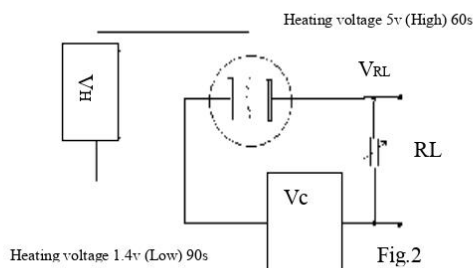
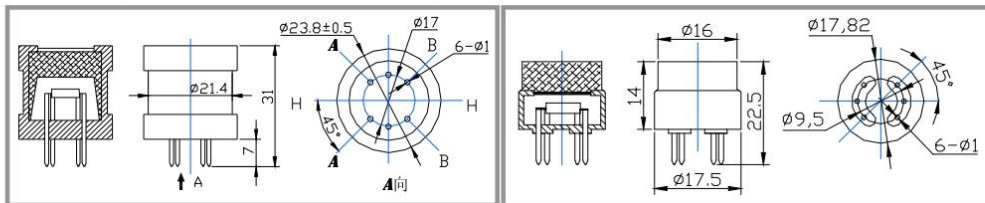


Fig.2

Standard circuit:

As shown in Fig 2, standard measuring circuit of MQ-7 sensitive components consists of 2 parts. one is heating circuit having time control function (the high voltage and the low voltage work circularly). The second is the signal output circuit, it can accurately respond changes of surface resistance of the sensor.

Electric parameter measurement circuit is shown as Fig.2

E. Sensitivity characteristic curve

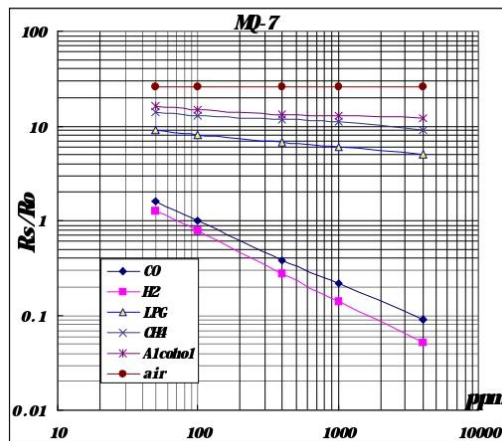


Fig.3 sensitivity characteristics of the MQ-7

Fig.3 is shows the typical sensitivity characteristics of the MQ-7 for several gases.

in their: Temp: 20℃、

Humidity: 65%、

O₂ concentration 21%

RL=10k Ω

Ro: sensor resistance at 100ppm

CO in the clean air.

Rs: sensor resistance at various concentrations of gases.

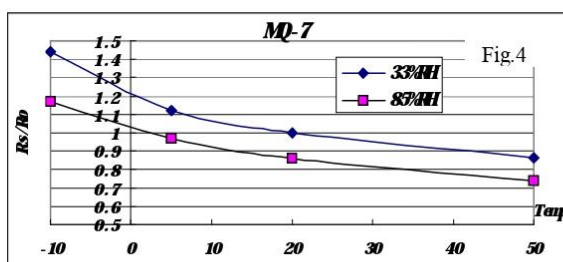


Fig.4 is shows the typical dependence of the MQ-7 on temperature and humidity.

Ro: sensor resistance at 100ppm CO in air at 33%RH and 20degree.

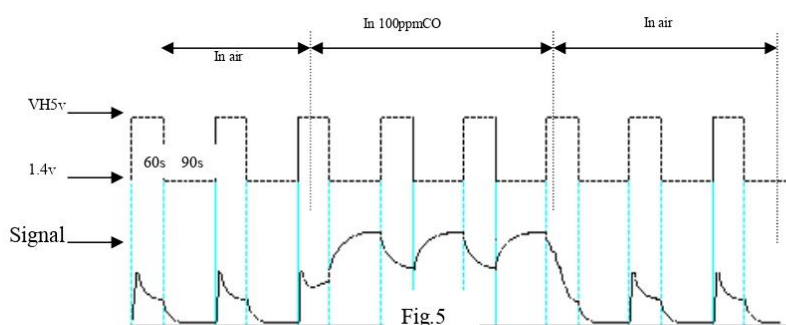
Rs: sensor resistance at 100ppm CO at different temperatures and humidities.

OPERATION PRINCIPLE

The surface resistance of the sensor R_s is obtained through effected voltage signal output of the load resistance R_L which series-wound. The relationship between them is described:

$$R_s/R_L = (V_c - V_{RL}) / V_{RL}$$

Fig. 5 shows alterable situation of R_L signal output measured by using Fig. 2 circuit output



signal when the sensor is shifted from clean air to carbon monoxide (CO), output signal measurement is made within one or two complete heating period (2.5 minute from high voltage to low voltage).

Sensitive layer of MQ-7 gas sensitive components is made of SnO_2 with stability. So, it has excellent long term stability. Its service life can reach 5 years under using condition.

SENSITIVITY ADJUSTMENT

Resistance value of MQ-7 is difference to various kinds and various concentration gases. So, When using this components, sensitivity adjustment is very necessary. we recommend that you calibrate the detector for 200ppm CO in air and use value of Load resistance that(R_L) about 10 K Ω (5K Ω to 47 K Ω).

When accurately measuring, the proper alarm point for the gas detector should be determined after considering the temperature and humidity influence. The sensitivity adjusting program:

- Connect the sensor to the application circuit.
- Turn on the power, keep preheating through electricity over 48 hours.
- Adjust the load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a certain carbon monoxide concentration at the end point of 90 seconds.
- Adjust the another load resistance R_L until you get a signal value which is respond to a CO concentration at the end point of 60 seconds.

[Supplying special IC solutions, More detailed technical information, please contact us.](#)

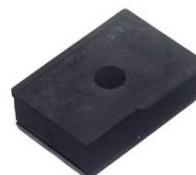
Lampiran 5. Data Sheet Dust Sensor SHARP GP2Y1010AU0F

SHARP

GP2Y1010AU0F

GP2Y1010AU0F

Compact Optical Dust Sensor



■ Description

GP2Y1010AU0F is a dust sensor by optical sensing system.

An infrared emitting diode (IRED) and an phototransistor are diagonally arranged into this device.

It detects the reflected light of dust in air.

Especially, it is effective to detect very fine particle like the cigarette smoke.

In addition it can distinguish smoke from house dust by pulse pattern of output voltage.

■ Compliance

1. Compliant with RoHS directive (2002/95/EC)

■ Applications

1. Detecting of dust in the air.
2. Example: Air purifier, Air conditioner, Air monitor

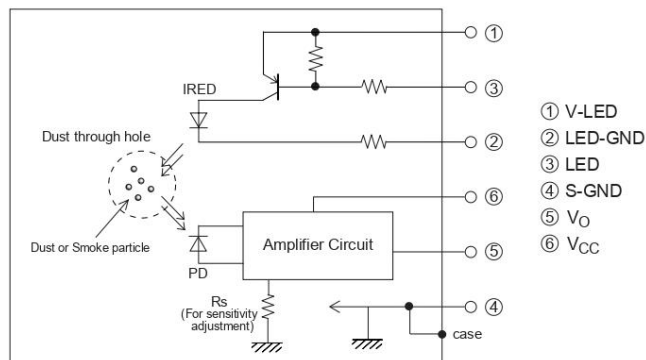
■ Features

1. Compact, thin package (46.0 × 30.0 × 17.6 mm)
2. Low consumption current (Icc: MAX. 20 mA)
3. The presence of dust can be detected by the photometry of only one pulse
4. Enable to distinguish smoke from house dust
5. Lead-free and RoHS directive compliant

Notice The content of data sheet is subject to change without prior notice.

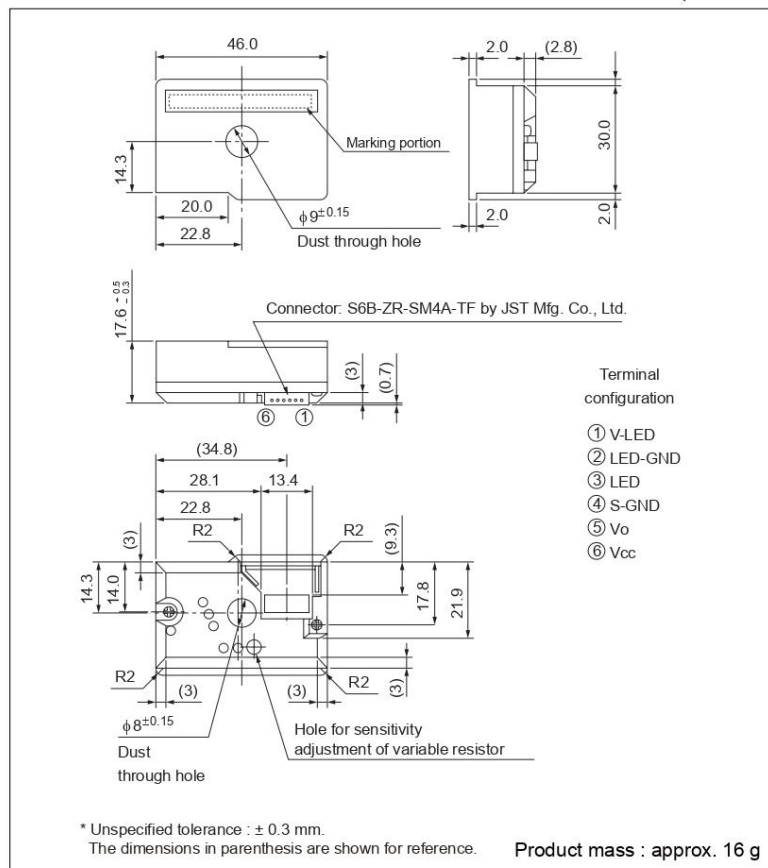
In the absence of confirmation by device specification sheets, SHARP takes no responsibility for any defects that may occur in equipment using any SHARP devices shown in catalogs, data books, etc. Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device.

Internal schematic



Outline Dimensions

(Unit : mm)



SHARP

GP2Y1010AU0F

Marking information



Date code (2 digit)

1st digit		2nd digit	
Year of production		Month of production	
A.D.	Mark	Month	Mark
2000	0	1	1
2001	1	2	2
2002	2	3	3
2003	3	4	4
2004	4	5	5
2005	5	6	6
2006	6	7	7
2007	7	8	8
2008	8	9	9
2009	9	10	X
2010	0	11	Y
:	:	12	Z

repeats in a 10 year cycle

Country of origin

Philippines

■ Absolute Maximum Ratings

(T_a=25°C)

Parameter	Symbol	Rating	Unit
Supply voltage	V _{CC}	-0.3 to +7	V
*1 Input terminal voltage	V _{LED}	-0.3 to V _{CC}	V
Operating temperature	T _{opr}	-10 to +65	°C
Soldering temperature	T _{sol}	-20 to +80	°C

*1 Open drain drive input

■ Electro-optical Characteristics

(T_a=25°C, V_{CC}=5V)

Parameter	Symbol	Conditions	MIN.	TYP.	MAX.	Unit
Sensitivity	K	*1 *2 *3	0.35	0.5	0.65	V/(0.1mg/m ³)
Output voltage at no dust	V _{OC}	*2 *3	0	0.9	1.5	V
Output voltage range	V _{OH}	*2 *3 R _L =4.7kΩ	3.4	—	—	V
LED terminal current	I _{LED}	*2 LED terminal voltage = 0	—	10	20	mA
Consumption current	I _{CC}	*2 R _L =∞	—	11	20	mA

*1 Sensitivity is specified by the amount of output voltage change when dust density changes by 0.1 mg/m³.
And the dust density for detection is a value of the density of cigarette (MILD SEVEN®) smoke measured by the digital dust monitor (P-5L2: manufactured by SHIBATA SCIENTIFIC TECHNOLOGY LTD.).

*2 Input condition is shown in Fig. 1

*3 Output sampling timing is shown in Fig. 2

■ Recommended input condition for LED input terminal

Parameter	Symbol	Value	Unit
Pulse Cycle	T	10 ± 1	ms
Pulse Width	P _W	0.32 ± 0.02	ms
Operating Supply voltage	V _{CC}	5 ± 0.5	V

Fig. 1 Input Condition for LED Input Terminal

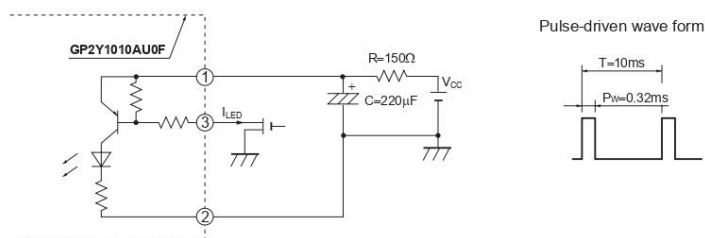


Fig. 2 Sampling Timing of Output Pulse

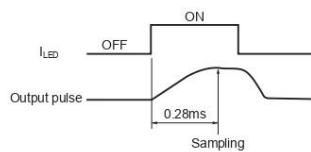
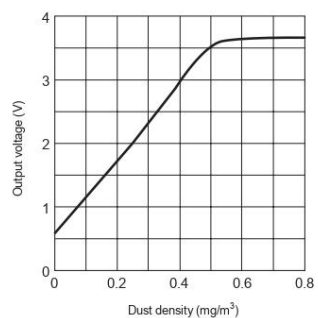


Fig. 3 Output Voltage vs. Dust Density



Remarks : Please be aware that all data in the graph are just for reference and are not for guarantee.

• Notes

- 1 Connection of case and GND
Case material use conductive resin as cover case {printed model No.} and metal {test terminal side} as bottom cover. The metal case connects with GND in sensor.
- 2 Cleaning
Please don't do cleaning, because there is a case that this device is not satisfied with its characteristics by cleaning.
- 3 Pulse input range
Please subject to recommendation as regard input condition for LED in order to keep reliability.
- 4 Dust adhesion
There is a case that this product does not detect the dust density correctly, since the dust adhered to the inside of the dust through hole may project into the detecting space which consist of emitter and detector light axis. Please take the structure and mechanism of the equipment into consideration to avoid the influence of adhered dust. And when the dust is adhered, please consider the maintenance such as vacuuming or blowing off the dust by air.
In addition, please pay attention to structure and placing location of the application to avoid any adhesive particle like oil, etc. to gets into the device. If it sticks to optical part, malfunction may occur.
- 5 Light output
In circuit designing, make allowance for the degradation of the light emitting diode output that results from long continuous operation. (50% degradation/5 years)
- 6 Sensitivity adjustment VR
VR for sensitivity adjustment is set up at shipping from sharp. Please do not touch the VR or Electro-optical characteristics specified on the specification will be invalid.
- 7 Resolution
Please do not disassemble the device such as removing tapping screw and so on. Even if the device is reassembled, it may not satisfy the specification.
- 8 Application to fire alarm
Please do not use this device for a fire alarm application. When using this device to application other than air purifying and equipment with air purifying function, please inform us before usage.
- 9 Noise influence
If the sensor is located close to noise generator (ex. Electric dust collector, etc.), the sensor output may be affected by leaded noise. On top of that noise from power supply line also may affect the sensor output. When desinging the system, please consider the effect from noise.
- 10 Vibration influence
The sensor may change its value under mechanical oscillation. Before usage, please make sure that the device works normally in the application.
- 11 Incident light influence
There is a case that the sensor output may be affected when outer-light comes through dust through hole on printed side. In order to avoid any influence from outer-light, please locate the printed side of sensor facing to inside of the application.
- 12 When inside of the sensor is moisturized, this product does not keep its proper function. Please design the application so that moisturization of the sensor does not happen.

- **Presence of ODC etc.**

This product shall not contain the following materials.

And they are not used in the production process for this product.

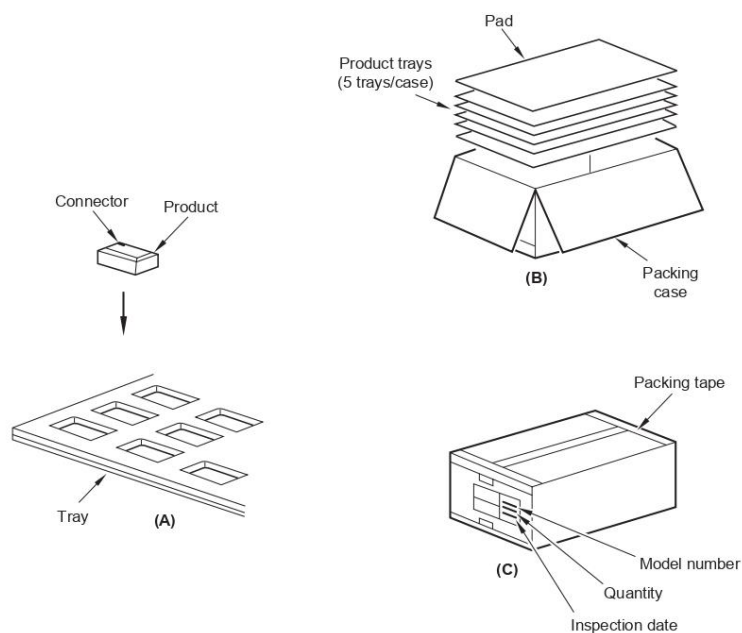
Regulation substances : CFCs, Halon, Carbon tetrachloride, 1.1.1-Trichloroethane (Methylchloroform)

Specific brominated flame retardants such as the PBB and PBDE are not used in this product at all.

This product shall not contain the following materials banned in the RoHS Directive (2002/95/EC).

- Lead, Mercury, Cadmium, Hexavalent chromium, Polybrominated biphenyls (PBB), Polybrominated diphenyl ethers (PBDE).

■ Packing Specification



PACKING METHOD

1. Each tray holds 50 pieces. Packing methods are shown in (A).
2. Each box holds 5 trays. Pads are added to top (B).
3. The box is sealed with packing tape. (C) shows the location of the Model number, Quantity, and Inspection date.
4. Weight is approximately 5.6 kg

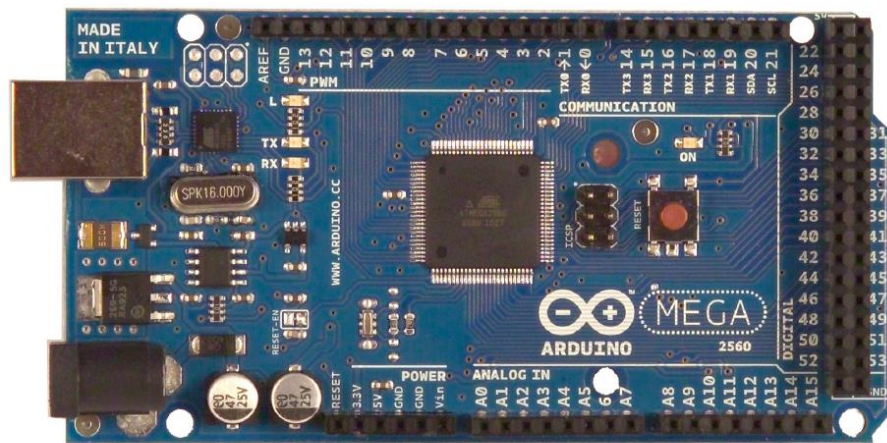
■ Important Notices

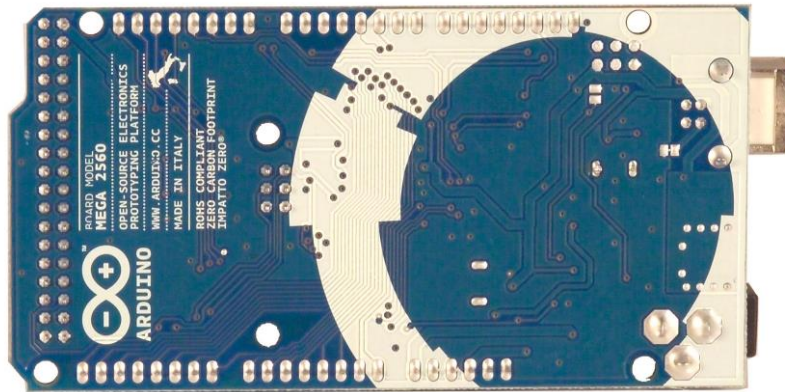
- The circuit application examples in this publication are provided to explain representative applications of SHARP devices and are not intended to guarantee any circuit design or license any intellectual property rights. SHARP takes no responsibility for any problems related to any intellectual property right of a third party resulting from the use of SHARP's devices.
- Contact SHARP in order to obtain the latest device specification sheets before using any SHARP device. SHARP reserves the right to make changes in the specifications, characteristics, data, materials, structure, and other contents described herein at any time without notice in order to improve design or reliability. Manufacturing locations are also subject to change without notice.
- Observe the following points when using any devices in this publication. SHARP takes no responsibility for damage caused by improper use of the devices which does not meet the conditions and absolute maximum ratings to be used specified in the relevant specification sheet nor meet the following conditions:
 - (i) The devices in this publication are designed for use in general electronic equipment designs such as:
 - Personal computers
 - Office automation equipment
 - Telecommunication equipment [terminal]
 - Test and measurement equipment
 - Industrial control
 - Audio visual equipment
 - Consumer electronics
 - (ii) Measures such as fail-safe function and redundant design should be taken to ensure reliability and safety when SHARP devices are used for or in connection with equipment that requires higher reliability such as:
 - Transportation control and safety equipment (i.e., aircraft, trains, automobiles, etc.)
 - Traffic signals
 - Gas leakage sensor breakers
 - Alarm equipment
 - Various safety devices, etc.
 - (iii) SHARP devices shall not be used for or in connection with equipment that requires an extremely high level of reliability and safety such as:
 - Space applications
 - Telecommunication equipment [trunk lines]
 - Nuclear power control equipment
 - Medical and other life support equipment (e.g., scuba).
- If the SHARP devices listed in this publication fall within the scope of strategic products described in the Foreign Exchange and Foreign Trade Law of Japan, it is necessary to obtain approval to export such SHARP devices.
- This publication is the proprietary product of SHARP and is copyrighted, with all rights reserved. Under the copyright laws, no part of this publication may be reproduced or transmitted in any form or by any means, electronic or mechanical, for any purpose, in whole or in part, without the express written permission of SHARP. Express written permission is also required before any use of this publication may be made by a third party.
- Contact and consult with a SHARP representative if there are any questions about the contents of this publication.

Lampiran 6. Data Sheet Arduino Mega



Arduino Mega 2560 Datasheet





Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Diecimila.

Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)



communicates using the original STK500 protocol ([reference](#), [C header files](#)). You can also bypass the bootloader and program the microcontroller through the ICSP (In-Circuit Serial Programming) header; see [these instructions](#) for details.

Automatic (Software) Reset

Rather than requiring a physical press of the reset button before an upload, the Arduino Mega2560 is designed in a way that allows it to be reset by software running on a connected computer. One of the hardware flow control lines (DTR) of the ATmega8U2 is connected to the reset line of the ATmega2560 via a 100 nanofarad capacitor. When this line is asserted (taken low), the reset line drops long enough to reset the chip. The Arduino software uses this capability to allow you to upload code by simply pressing the upload button in the Arduino environment. This means that the bootloader can have a shorter timeout, as the lowering of DTR can be well-coordinated with the start of the upload. This setup has other implications. When the Mega2560 is connected to either a computer running Mac OS X or Linux, it resets each time a connection is made to it from software (via USB). For the following half-second or so, the bootloader is running on the Mega2560. While it is programmed to ignore malformed data (i.e. anything besides an upload of new code), it will intercept the first few bytes of data sent to the board after a connection is opened. If a sketch running on the board receives one-time configuration or other data when it first starts, make sure that the software with which it communicates waits a second after opening the connection and before sending this data. The Mega2560 contains a trace that can be cut to disable the auto-reset. The pads on either side of the trace can be soldered together to re-enable it. It's labeled "RESET-EN". You may also be able to disable the auto-reset by connecting a 110 ohm resistor from 5V to the reset line; see [this forum thread](#) for details.

USB Overcurrent Protection

The Arduino Mega2560 has a resettable polyfuse that protects your computer's USB ports from shorts and overcurrent. Although most computers provide their own internal protection, the fuse provides an extra layer of protection. If more than 500 mA is applied to the USB port, the fuse will automatically break the connection until the short or overload is removed.

Physical Characteristics and Shield Compatibility



value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.

- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though is it possible to change the upper end of their range using the AREF pin and `analogReference()` function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with `analogReference()`.
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1).

A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a `Wire` library to simplify use of the I²C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Programming

The Arduino Mega can be programmed with the Arduino software ([download](#)). For details, see the [reference](#) and [tutorials](#).

The ATmega2560 on the Arduino Mega comes preburned with a [bootloader](#) that allows you to upload new code to it without the use of an external hardware programmer. It



The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH



Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.



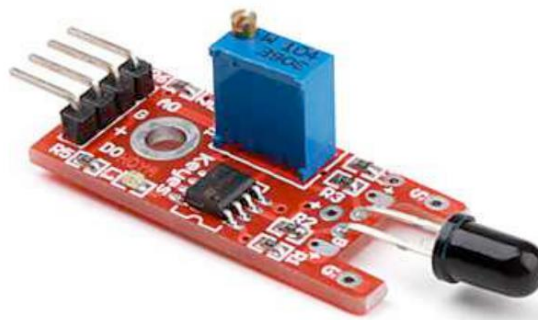
The maximum length and width of the Mega2560 PCB are 4 and 2.1 inches respectively, with the USB connector and power jack extending beyond the former dimension. Three screw holes allow the board to be attached to a surface or case. Note that the distance between digital pins 7 and 8 is 160 mil (0.16"), not an even multiple of the 100 mil spacing of the other pins.

The Mega2560 is designed to be compatible with most shields designed for the Uno, Diecimila or Duemilanove. Digital pins 0 to 13 (and the adjacent AREF and GND pins), analog inputs 0 to 5, the power header, and ICSP header are all in equivalent locations. Further the main UART (serial port) is located on the same pins (0 and 1), as are external interrupts 0 and 1 (pins 2 and 3 respectively). SPI is available through the ICSP header on both the Mega2560 and Duemilanove / Diecimila. *Please note that I²C is not located on the same pins on the Mega (20 and 21) as the Duemilanove / Diecimila (analog inputs 4 and 5).*

Lampiran 7. *Data Sheet Flame Sensor*



Flame Sensor Module



Introduction

This module is sensitive to the flame and radiation. It also can detect ordinary light source in the range of a wavelength 760nm-1100 nm. The detection distance is up to 100 cm.

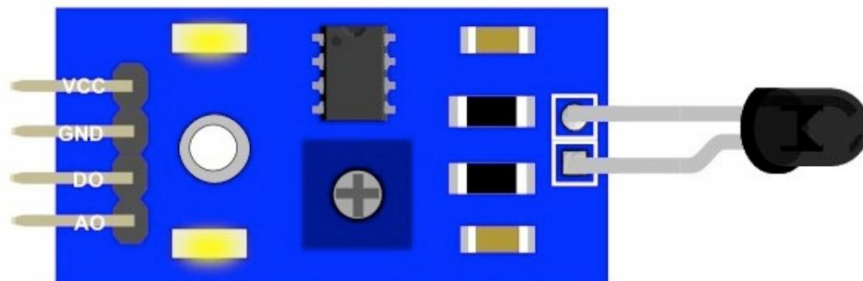
The Flame sensor can output digital or analog signal. It can be used as a flame alarm or in fire fighting robots.

Description

- Detects a flame or a light source of a wavelength in the range of 760nm-1100 nm
- Detection distance: 20cm (4.8V) ~ 100cm (1V)
- Detection angle about 60 degrees, it is sensitive to the flame spectrum.
- Comparator chip LM393 makes module readings stable.
- Adjustable detection range.
- Operating voltage 3.3V-5V
- Digital and Analog Output
 - DO digital switch outputs (0 and 1)
 - AO analog voltage output
- Power indicator and digital switch output indicator

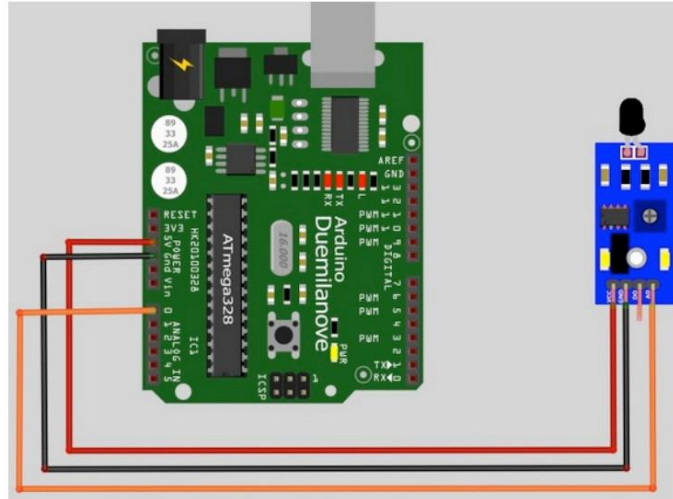
Interface Description (4-wire)

- 1) VCC -- 3.3V-5V voltage
- 2) GND -- GND
- 3) DO -- board digital output interface (0 and 1)
- 4) AO -- board analog output interface



Arduino Example

Here is sample code and connection to Arduino board. The analog output can be connected to any analog input pin on Arduino.



AnalogReadSerial

Reads an analog input on pin 0, prints the result to the serial monitor.
Attach the center pin of a potentiometer to pin A0, and the outside pins to +5V and ground.

This example code is in the public domain.
*/

```
// the setup routine runs once when you press reset:
void setup() {
  // initialize serial communication at 9600 bits per second:
  Serial.begin(9600);
}

// the loop routine runs over and over again forever:
void loop() {
  // read the input on analog pin 0:
  int sensorValue = analogRead(A0);
  // print out the value you read:
  Serial.println(sensorValue);
  delay(1);        // delay in between reads for stability
}
```

[Future Electronics Egypt Ltd. \(Arduino Egypt\).](#)

Lampiran 8. Data Sheet Sensor Suhu



November 2000

LM35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in $^{\circ}$ Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^{\circ}\text{C}$ over a full -55 to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\text{ }\mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^{\circ}\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in $^{\circ}$ Celsius (Centigrade)
- Linear $+10.0\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at $+25^{\circ}\text{C}$)
- Rated for full -55° to $+150^{\circ}\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\text{ }\mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\text{ }\Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

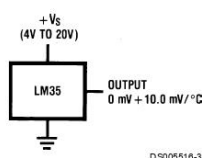
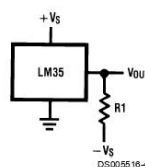


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor
($+2^{\circ}\text{C}$ to $+150^{\circ}\text{C}$)

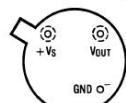


Choose $R_1 = -V_S/50\text{ }\mu\text{A}$
 $V_{\text{OUT}} = +1,500\text{ mV}$ at $+150^{\circ}\text{C}$
 $= +250\text{ mV}$ at $+25^{\circ}\text{C}$
 $= -550\text{ mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

Connection Diagrams

TO-46
Metal Can Package*



BOTTOM VIEW
DS005516-1

*Case is connected to negative pin (GND)

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH

See NS Package Number H03H

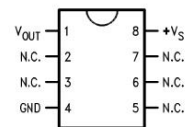
TO-92
Plastic Package



BOTTOM VIEW
DS005516-2

Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
See NS Package Number Z03A

SO-8
Small Outline Molded Package



DS005516-21

N.C. = No Connection

Top View
Order Number LM35DM
See NS Package Number M08A

TO-220
Plastic Package*



LM 35DT
DS005516-24

*Tab is connected to the negative pin (GND).

Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
See NS Package Number TA03F

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.;	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	$+10.0$	$+9.9$, $+10.1$		$+10.0$		$+9.9$, $+10.1$	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.4 ± 0.5	± 1.0	± 3.0	± 0.4 ± 0.5	± 1.0	± 3.0	mV/mA mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$ $4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.01 ± 0.02	± 0.05	± 0.1	± 0.01 ± 0.02	± 0.05	± 0.1	mV/V mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V$, $+25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	μA
	$V_S = +30V$, $+25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V$, $+25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		$+0.39$		$+0.5$	$+0.39$		$+0.5$	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = -10^{\circ}\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^{\circ}\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^{\circ}\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	$+10.0$	$+9.8$, $+10.2$		$+10.0$		$+9.8$, $+10.2$	mV/ $^{\circ}\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^{\circ}\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5 \text{ V}$, $+25^{\circ}\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5 \text{ V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30 \text{ V}$, $+25^{\circ}\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30 \text{ V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$, $+25^{\circ}\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4 \text{ V} \leq V_S \leq 30 \text{ V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^{\circ}\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of Figure 1, $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^{\circ}\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^{\circ}\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +150^{\circ}\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +110^{\circ}\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^{\circ}\text{C} \leq T_J \leq +100^{\circ}\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5 \text{ Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$ in the circuit of Figure 2. These specifications also apply from $+2^{\circ}\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of Figure 1. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is 400°C/W junction to ambient, and 24°C/W junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is 180°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is 220°C/W junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is 90°C/W junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10 \text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^{\circ}\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of Figure 1.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a $1.5 \text{ k}\Omega$ resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

Lampiran 9. Skematik Rangkaian Keseluruhan

